

Aus der Strahlenklinik und Poliklinik im Klinikum Charlottenburg
der Freien Universität Berlin

Geschäftsführender Direktor: Professor Dr. R. Felix

Möglichkeiten und Grenzen der Computertomographie in der Pankreasdiagnostik

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Frank-Werner Peter

aus Schweinfurt

1983





Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546605_0061

Druck: Copy-Center in Dahlem

Ladenbergstraße 2-4

1000 Berlin 33

Tel. 831 40 85

Aus der Strahlenklinik und Poliklinik im Klinikum Charlottenburg
der Freien Universität Berlin

Geschäftsführender Direktor: Professor Dr. R. Felix

**Möglichkeiten und Grenzen der Computertomographie
in der Pankreasdiagnostik**

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Frank-Werner Peter
aus Schweinfurt

Referent: Privatdozent Dr. med. Claus Claussen
Ass. Prof. am Klinikum Charlottenburg
der Freien Universität Berlin

Korreferent: Prof. Dr. E. O. Riecken

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fachbereiche
der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 25.10.83

INHALT

		Seite
1	PROBLEM UND FRAGESTELLUNG	6
2	MORPHOLOGIE UND DIAGNOSTIK DES PANKREAS	7
2.1	Embryologie, Anatomie und Topographie	7
2.2	Untersüchungsmethoden	10
2.2.1	Klinische und nichtradiologische Verfahren	10
2.2.2	Radiologische Verfahren	10
2.2.2.1	Indirekte Methoden	10
2.2.2.2	Bildgebende Methoden	12
3	GRUNDLAGEN DER COMPUTERTOMOGRAPHIE	14
3.1	Die Entwicklung von der klassischen Tomographie zur Computertomographie	14
3.2	Prinzip der Computertomographie	16
3.2.1	Das Meßverfahren der Bildaufnahme	16
3.2.2	Die mathematische Bildrekonstruktion	18
3.2.3	Die bildliche Darstellung	22
3.2.4	Qualitätskriterien des CT-Bildes	24
3.2.5	Bildstörungen	24
3.3	Darstellung des Pankreas und seiner Nachbarstrukturen im Computertomogramm	27
4	HAUPTTEIL	32
4.1	Patientengut	32
4.2	Methodik	36
4.2.1	Gerätetyp und Konstruktionsmerkmale	36
4.2.2	Geräteeinstellung	37
4.2.3	Untersuchungstechnik	37

	Seite
4.2.4	Kontrastmittelanwendung 38
4.2.5	Auswertung 41
4.3	Erfaßte Daten 42
4.4	Ergebnisse zur Darstellung des Pankreas 44
4.5	Ergebnisse zum diagnostischen Wert der CT bei Pankreasuntersuchungen 46
4.6	Das Pankreasneoplasma 51
4.6.1	Diagnosekriterien 51
4.6.2	Ergebnisse 54
4.7	Das metastatisch befallene Pankreas 69
4.8	Die akute Pankreatitis 71
4.8.1	Diagnosekriterien 71
4.8.2	Ergebnisse 74
4.9	Die chronische Pankreatitis 81
4.9.1	Diagnosekriterien 81
4.9.2	Ergebnisse 82
4.9.3	Der akute Schub der chronischen Pankreatitis 88
4.10	Ergebnisse zur Differentialdiagnose zwischen Pankreasneoplasma und chronischer Pankreatitis 90
4.11	Ergebnis bei einem Patienten mit verändertem Pankreasgang 94
4.12	Ergebnisse bei Patienten mit der Verdachtsdiagnose: Pankreaserkrankung 94
4.13	Ergebnisse bei Patienten ohne Pankreaserkrankung 94
4.14	Die Computertomographie im Vergleich zu anderen radiologischen Methoden 95

		Seite
4.14.1	Die hypotone Duodenographie im Vergleich zur CT	96
4.14.2	Die Sonographie im Vergleich zur CT	103
4.14.3	Die ERCP im Vergleich zur CT	105
4.15	Diskussion	108
5	ZUSAMMENFASSUNG	118
6	TABELLENANHANG	120
7	LITERATURVERZEICHNIS	125

1 PROBLEM UND FRAGESTELLUNG

Pankreaserkrankungen sind in den letzten Jahren immer häufiger geworden. Die Zahl der entzündlichen Veränderungen steigt aufgrund des wachsenden Alkoholkonsums (66), desgleichen läßt sich eine echte Zunahme der Pankreas-malignome aus statistischen und epidemiologischen Untersuchungen ablesen. In der Bundesrepublik Deutschland hat sich die Zahl der Pankreasneoplasien in den letzten 20 Jahren verdoppelt (72). Eine vergleichbare Entwicklung vollzieht sich in den USA. Dort sind ca. 3 % aller Krebserkrankungen und 5 % aller Krebstoten auf Pankreaskrebserkrankungen zurückzuführen (12).

Nicht zuletzt wegen dieser Entwicklung war und ist man bemüht, die Diagnostik der Pankreaserkrankungen zu verbessern. Ein wichtiger Beitrag wurde durch die Entwicklung bildgebender Verfahren, der Sonographie und der Computertomographie (CT), geliefert. Der entscheidende Fortschritt dieser Methoden liegt in der Möglichkeit, das Organ direkt darzustellen.

In der vorliegenden Arbeit sollen folgende Fragestellungen beantwortet werden:

- Welche Wertigkeit besitzt die Computertomographie bei der Abklärung von Pankreaserkrankungen?
- Wie stellen sich die einzelnen Krankheitsbilder im Computertomogramm dar?
- Kann die Methode einen Beitrag zur Differentialdiagnose zwischen einer Pankreatitis und dem Pankreasneoplasma leisten?
- Wo liegen die Grenzen dieses Verfahrens?
- Wie ist die CT im Vergleich zu anderen Verfahren zu bewerten?

2 MORPHOLOGIE UND DIAGNOSTIK DES PANKREAS

2.1 Embryologie, Anatomie und Topographie

Das Pankreas wird zweiteilig angelegt (60,48): als dorsale Pankreasknospe links, als ventrale Pankreasknospe in enger Beziehung zum Gallengang rechts vom späteren Duodenum (Abb. 1).

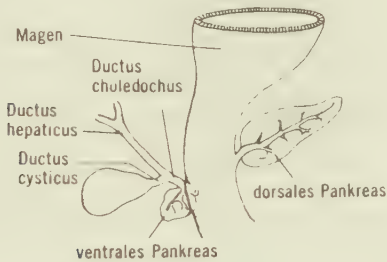


Abbildung 1: Erstes Entwicklungsstadium des Pankreas (35 Tage)

Aus: J. Langmann (48)

Der ventrale Teil wandert nach links und liegt schließlich unter und hinter der dorsalen Anlage. Dieser Rotation um das Duodenum folgen die Gallengänge (Abb. 2).

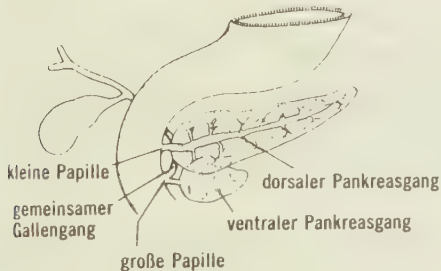


Abbildung 2: Die Pankreasanlage in der 6. Woche

Aus: J. Langmann (48)

Endlich vereinigen sich sowohl das Parenchym als auch die Ausführungsgänge der beiden Anlagen (Abb. 3).

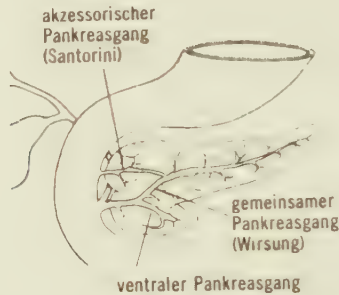


Abbildung 3: Die Verschmelzung von Parenchym und Gängen
Aus: J. Langmann (48)

Aus dem dorsalen Teil entwickeln sich der obere Anteil des Pankreaskopfes, der Körper und der Schwanz, aus dem ventralen der untere Teil des Kopfes und sein kaudaler Ausläufer, der kommaförmige Processus uncinatus.

Der spätere Hauptausführungsgang, Ductus pancreaticus (WIRSUNG), entsteht aus dem distalen Abschnitt des dorsalen Ganges und dem gesamten ventralen Gang. Er mündet zusammen mit den ableitenden Gallenwegen in der Papilla duodeni major (VATER). Der proximale Anteil obliteriert entweder oder bleibt als kleiner, zusätzlicher Ausführungsgang erhalten. Er wird als Ductus pancreaticus accessorius (SANTORINI) bezeichnet und mündet in die Papilla duodeni minor.

Das Organ wächst an der dorsalen Bauchwand an, wobei das rechte Blättchen des Mesoduodenum absorbiert wird. Das linke bleibt erhalten und überzieht das damit sekundär retroperitoneal liegende Organ.

Beim Erwachsenen ist das Pankreas 60 bis 100 g schwer und erstreckt sich vom Duodenum (Caput pancreatis) ansteigend bis zum Milzhilus (Cauda

pancreatis). Der zwischen beiden Teilen liegende Pankreaskörper (70) zieht über den ersten und zweiten Lendenwirbelkörper hinweg (Abb. 4).

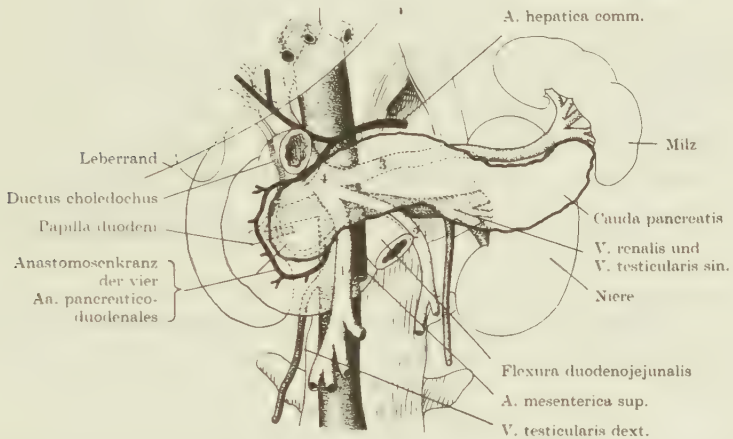


Abbildung 4: Schema über die Lage des Duodenums, des Pankreas und der Pfortaderwurzeln

1 = V. mesenterica sup.; 2 = V. mesenterica inf.;

3 = V. lienalis; 4 = V. portae

Aus: J.W. Rohen (70)

Am Unterrand ist die Drüse durch den mesenterialen Gefäßstiel eingeschnitten (Collum pancreatis, Incisura pancreatis). Der Kopf ist mit dem Duodenum verwachsen und fügt sich in die Konkavität der C-Schlinge. An der Dorsalseite gräbt sich die V. lienalis in das Gewebe ein. Die V. portae konstituiert sich dorsal des Pankreaskopfes durch den Zusammenfluß von V. lienalis, V. mesenterica superior et inferior. Das Organ überlagert sowohl die Aorta als auch die V. cava inferior. Von der freien Bauchhöhle ist es durch die Bursa omentalis getrennt.

2.2 Untersuchungsmethoden

2.2.1 Klinische und nichtradiologische Verfahren

Anamnestisch sind zurückliegende Pankreaserkrankungen, das Gewichtsverhalten und der Alkoholkonsum von Interesse. Die Schmerzcharakteristik, der abdomineile Palpationsbefund und eine ikterische Hautfarbe geben weitere Hinweise (25,33).

An Laborwerten sind neben der Amylase und der Lipase das Serumcalcium, die Cholestaseparameter und in begrenztem Umfang Tumormarker hilfreich.

Direkte und indirekte Funktionstests zeigen, ob eine Entzündung bereits chronisch geworden ist.

Die zytologische und histologische Aufarbeitung bioptisch gewonnenen Materials läßt Aussagen über die Dignität des Prozesses zu.

2.2.2. Radiologische Verfahren

2.2.2.1 Indirekte Methoden

Mit ihnen wird aus dem Zustand der Nachbarorgane, -gefäße und -gangsysteme auf das Pankreas geschlossen.

- Abdomenübersichts- und Pankreaszielaufnahme

In Linksseitenlage imponiert bei 90 % der Patienten mit akuter Pankreatitis ein geblähtes gasgefülltes Duodenum als Zeichen der lokalen Darmparalyse. Verkalkungen als kleine solitäre oder multiple Schatten, wie sie bei chronischen Entzündungen vorkommen können, werden abgebildet.

- Magen-Darm-Passage und hypotone Duodenographie

Beide Methoden lassen Veränderungen an der Duodenalwand durch Prozesse des Pankreaskopfes oder der Papilla duodeni major erkennen. Sie kommen sowohl bei entzündlichen wie auch bei neoplastischen Pankreaskopfveränderungen vor.

- I.v.-Cholangiographie und perkutane transhepatische Cholangiographie (PTC)

Bei Erkrankungen des Pankreaskopfes können diese Verfahren durch die Darstellung der Gang- und Abflußverhältnisse der Galle zur Diagnose beitragen. Bei bestehender Abflußbehinderung geben sie Hinweise auf ihre Ätiologie, indem Gangkonkremente oder eine Kompression/Invasion seitens eines Pankreasprozesses abgebildet werden.

Bei Bilirubinwerten über $85,5 \mu\text{mol/l}$ ($\approx 5 \text{ mg\%}$) wird die PTC angewendet, da eine ausreichende Exkretion des Kontrastmittels durch die Leber nicht mehr gewährleistet ist (84).

- Endoskopische retrograde Cholangio-Pankreatikographie (ERCP)

Mit dieser retrograden Darstellung des Pankreas- und Gallenganges kann man endoskopisch Rückschlüsse auf die Ursache eventuell vorliegender Gangveränderungen ziehen. Deutliche Veränderungen hinterläßt die chronische Pankreatitis, aber auch das Karzinom. Trotzdem ist die Differentialdiagnose nicht immer möglich.

Bei der akuten Pankreatitis verbietet sich die Methode, da durch ihren Einsatz der Prozess aggraviert werden kann. Bei Verdacht auf Pankreaszysten muß wegen der Gefahr einer Zysteninfektion die Indikation zur ERCP zurückhaltend gestellt werden.

- Angiographie

Sie ist die aufwendigste aller Methoden und steht deswegen am Ende der diagnostischen Bemühungen.

Raumfordernde Prozesse wie Zysten und Tumoren können als solche diagnostiziert werden. Eine Frühdiagnose des Tumors ist allerdings schwer möglich, da das Pankreaskarzinom ein hypovaskularisierter Tumor ist, d.h. pathologische Gefäße nicht gebildet werden. Die Diagnose hängt von dem Nachweis neoplastisch bedingter Stenosen intra- und peripankreatischer Gefäße ab.

Wenn der Tumor resezierbar sein soll, dürfen die großen Nachbargefäße nicht befallen sein, d.h. die Methode hilft, die Operabilität vor dem chirurgischen Eingriff zu beurteilen.

Das Angiogramm der chronischen Pankreatitis ist ebenfalls recht spezifisch, jedoch kann auch hier die Differentialdiagnose schwierig sein.

Die Angiographie hat an Bedeutung verloren, da inzwischen andere, weniger aufwendige Methoden verfügbar sind.

2.2.2.2 Bildgebende Methoden

Mit ihnen wird das Pankreas direkt dargestellt.

- Szintigraphie

Pankreasszintigramme sind nur begrenzt aussagefähig. Zwar macht das regelrechte Szintigramm eine Organerkrankung wenig wahrscheinlich, die große Zahl falsch-negativer Beurteilungen schränkt jedoch ihre Einsatzfähigkeit ein (9). Auch ist die Abgrenzung des normalen vom pathologischen Befund schwierig und die Strahlenbelastung relativ hoch.

- Sonographie

Sie hat als nichtinvasive, wenig belastende Untersuchungsmethode einen festen Platz in der Pankreasdiagnostik. Die Bildgebung beruht auf der Schallreflexion an Grenzflächen zwischen Objekten mit unterschiedlicher akustischer Impedanz (52). Es werden sowohl Real-Time- als auch Compoundgeräte verwandt.

Das Verfahren findet seine Grenze bei geblähten und adipösen Patienten. Das Pankreas ist dann nicht darstellbar, wohingegen schlanke Patienten gut untersucht werden können.

Die ultraschall- oder computertomographisch gesteuerte Feinnadelbiopsie stellt eine weitere Möglichkeit dar, mit Hilfe zytologischer Methoden eine Pankreaserkrankung zu diagnostizieren.

3 GRUNDLAGEN DER COMPUTERTOMOGRAPHIE

Die Computertomographie wurde vor rund zehn Jahren durch HOUNSFIELD (36) und AMBROSE (1) in die Radiologie eingeführt. Sie stellt eine wesentliche Erweiterung der diagnostischen Möglichkeiten dar, die an die Entdeckung der Röntgenstrahlen im Jahre 1895 durch W.C. RONTGEN (69) denken läßt.

Mit dieser Methode ist es zum ersten Mal möglich, überlagerungsfreie, maßstabsgetreue Transversalschnittbilder des Körpers zu gewinnen, bei denen auch geringe Dichteunterschiede erkennbar sind.

3.1 Die Entwicklung von der klassischen Tomographie zur Computertomographie

Die konventionelle Röntgenaufnahme stellt ein Summationsbild aller vom Röntgenstrahl durchdrungenen Strukturen dar. Ihre Beurteilung wird häufig durch Überlagerungseffekte gestört. So tauchte schon sehr früh der Wunsch auf, nur bestimmte Körperschichten untersuchen zu können. 1921 wurde ein Verfahren zum Patent angemeldet, das Schichtaufnahmen mittels einer pendelnden Röntgenröhre erstellt (4). Damit war der Grundstein zur klassischen Tomographie gelegt.

Mit dieser Methode werden Röntgenröhre und -film auf einem Schlitten gegeneinander verschoben, so daß nur die zur Aufnahmeebene parallel verlaufende Schicht scharf abgebildet wird. Vor und hinter dieser Schicht liegende Strukturen werden verwischt (51). Geringe Dichteunterschiede werden jedoch aufgrund der relativ geringen Empfindlichkeit des Röntgenfilms nicht erfaßt.

Einen weiteren Schritt stellte 1945 die Entwicklung eines funktionsfähigen Transversaltomographen dar (19). Auch dieser erfaßt die in der Nachbarschaft der Schichtebene liegenden Objekte - wenngleich unscharf - mit (Abb. 5).

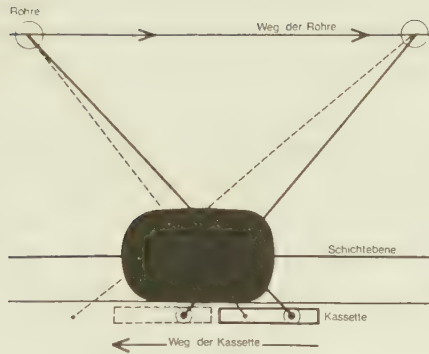


Abbildung 5: Prinzip eines Transversaltomographen
Aus: J. Lissner (51)

Die Computertomographie schließlich vermeidet diese Nachteile.

Für ihre Entwicklung waren gewisse mathematische und technische Voraussetzungen erforderlich. Die ersten mathematischen Grundlagen schuf RADON, indem er bereits 1917 nachwies, daß ein mehrdimensionales Objekt aus einer unendlichen Zahl seiner Projektionen entsprechend einer unendlichen Zahl von Absorptionsmessungen als Tomogramm rekonstruiert werden kann (67).

Von technischer Seite leistete die elektronische Datenverarbeitung einen entscheidenden Beitrag, indem sie Ende der 60er Jahre in der Lage war, eine große Zahl von Meßwerten innerhalb kürzester Zeit zu verarbeiten. Außerdem standen inzwischen hochempfindliche Detektorsysteme zur Verfügung, die bei den neuesten Geräten aus Xenon-Hochdruck-Vakuum- oder Cäsiumjodid-Kristall-Detektoren bestehen.

3.2 Prinzip der Computertomographie

3.2.1 Das Meßverfahren der Bildaufnahme

In ihrer einfachsten Ausführung werden Röntgenröhre und Detektor, fest miteinander verkoppelt, geradlinig vor bzw. hinter dem abzubildenden Körper entlanggeführt. Der Röntgenstrahl ist ausgeblendet, d.h. er besitzt eine festgelegte Breite, um Schnittbilder einer definierten Schichtdicke zu erhalten (75). Der Detektor mißt dabei die von dem Körper durchgelassene Strahlung und erstellt entlang dieser Translationsbewegung ein Dichteprofil der gemessenen Schicht (Abb. 6).

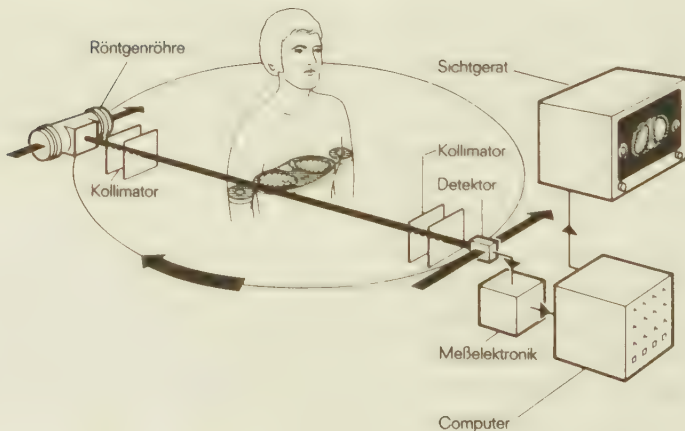


Abbildung 6: Prinzip der Bildentstehung in der Computertomographie
Aus: Siemens, Informationen zur Computertomographie (80)

Dann werden Röhre und Detektor um das im Drehzentrum ruhende Objekt einen kleinen Winkelschritt weitergedreht und ein neues Dichteprofil erstellt. Dieser Vorgang wiederholt sich so lange, bis die ausgewählte Körperschicht aus allen Richtungen ausgemessen wurde, d.h. Röhre und Detektor mindestens einen Halbkreis beschrieben haben. Beträgt der Winkelschritt zwischen jeder Drehung beispielsweise 1 Grad, werden 180 Dichteprofile erstellt. Alle Meßwerte werden sofort an einen Rechner übertragen und gespeichert.

Inzwischen werden jedoch andere, schnellere Meßsysteme zur Bildaufnahme verwendet. Mit dem oben beschriebenen Einfachdetektorensystem läßt sich zwar das Prinzip am einfachsten erklären, es hat jedoch wegen der langen Aufnahmezeiten nur noch historische Bedeutung.

Der nächste Entwicklungsschritt bestand darin, auf der Empfängerseite mehrere Detektoren zu installieren und damit sowohl die Zahl der Translationschritte als auch die Aufnahmezeiten zu reduzieren (Abb. 7).

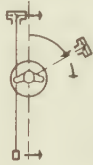
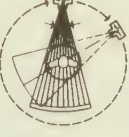
	Einfachdetektor	Multidetektor	Fan Beam	Fan Beam
				
Meßzeiten	5min	20s bis 60s	1s bis 5s	1s bis 5s
Meßprinzip	Translation - Rotation		Rotation	
Detektorsystem	bewegter Einzeldetektor	bewegter Multidetektor	stationäres Detektorarray	drehendes Detektorarray
Röhrenbetrieb	Kontinuierliche Strahlung			gepulste Strahlung
Projektionsart	Parallelprojektion		Zentralprojektion Zentrum = Röhrenfokus	
Zahl der Projektionen	Zahl der Detektoren mal Zahl der Winkelschritte		Zahl der Detektoren im Array	Zahl der Strahlenpulse
Meßwerte pro Projektion	Zahl der Detektorabfragen			Zahl der Detektoren im Array

Abbildung 7: Meßsysteme zur Bildaufnahme in der Computertomographie
Aus: Siemens, Informationen zur Computertomographie (80)

Die heutigen Ganzkörpergeräte der 3. Generation arbeiten jedoch nach dem Rotationsprinzip ohne Translationsbewegung. Diese werden in zwei unterschiedlichen Ausführungen hergestellt. Bei der einen Variante befinden sich sowohl die Röntgenröhre als auch die Detektoren auf einem gedachten Kreis und stehen sich gegenüber. Beide Teile sind fest miteinander verkoppelt. Die Röhre sendet einen Strahlenfächer aus, der gleichzeitig die gesamte Transversalschnittfläche des Körpers erfaßt. Der geschwachte Fächerstrahl wird komplett von den Detektoren aufgefangen. Die Anzahl der Detektoren (heute bis zu 512) bestimmt die Anzahl der Meßwerte pro Dichteprofil.

Röhre und Detektorenkranz rotieren gemeinsam um die auszumessende Körperschicht, wobei die Röhre während eines Umlaufs einen gepulsten Strahl aussendet. Pro Puls, sozusagen pro Winkelschritt, wird ein Dichteprofil erstellt, d.h. die Pulsfrequenz der Röhre bestimmt die Zahl der Projektionen. Dieses Verfahren ermöglicht Aufnahmezeiten von nur wenigen Sekunden. Bei der anderen Variante rotiert die Röhre um das stationäre Detektorarray herum.

3.2.2 Die mathematische Bildrekonstruktion

Der wesentliche Vorteil der Computertomographie, nämlich überlagerungsfreie Schnittbilder zu erstellen, wird dadurch ermöglicht, daß jedem kleinen Volumenelement der durchstrahlten Schicht (voxel) ein Dichtewert zugeordnet wird (65).

Zur mathematischen Rekonstruktion sind lineare Gleichungssysteme nicht mehr sinnvoll, da die Zahl der zu berechnenden Unbekannten der Zahl der Bildmatrixelemente entspricht. Bei einer Matrix von 256×256 Bildpunkten enthält die Bildfläche 65536 Matrixelemente.

Bei den früheren Geräten wurde die iterative Methode verwandt. Sie vergleicht die Projektion des rekonstruierten Bildes mit dem tatsächlich gemessenen Dichteprofil. Durch wiederholte Korrekturrechnungen, den Iterationen, nähert man sich dem endgültigen Bild an (28). Dies ist zwar sehr genau, aber zu zeitaufwendig.

Heute wird das Prinzip der gefilterten oder gefalteten Rückprojektion angewendet, um einen Dichtewert für jedes voxel und damit für jeden Bildpunkt ermitteln zu können. Dazu wird jedes Dichte- oder Intensitätsprofil I zunächst normiert, das erhaltene Schwächungsprofil I_0/I logarithmiert: $\ln I_0/I$. Ein scharf umrissenes, z.B. zylindrisches Detail liefert pro Projektionsrichtung eine gleichfalls scharf umrissene, streifenförmige Abbildung. Wird dieses Detail nun aus verschiedenen Richtungen aufgenommen, wird es an verschiedenen Stellen im Dichteprofil abgebildet. Das aus der Überlagerung aller Projektionen entstehende Bild wäre verschmiert (24). Zur Verhinderung wird jedes Schwächungsprofil gefaltet (Abb. 8).

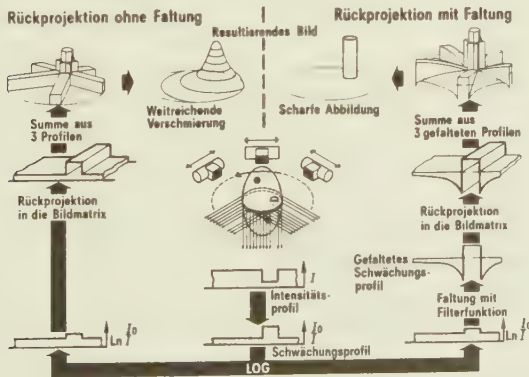


Abbildung 8: Bildrekonstruktion durch Rückprojektion der Schwächungsprofile in die Bildmatrix. Links: ohne Faltung, rechts: mit Faltung

Aus: E. Petersilka (65)

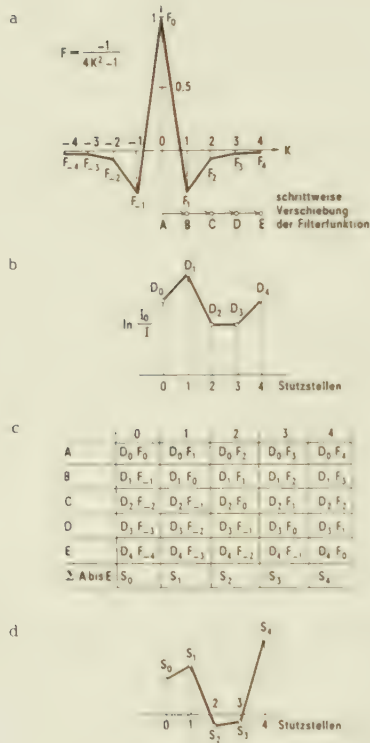


Abbildung 9: Der Faltungsprozess:

- Filterfunktion "F",
- Datensatz eines Schwächungsprofils mit den Stützstellen 0 bis 4
- Faltung des Datensatzes mit der Filterfunktion durch punktweise Multiplikation und Addition
- Datensatz des gefalteten Profils

Aus: E. Petersilka (65)

Um den gefalteten, korrigierten Einzelwert eines Schwächungsprofils zu erhalten, werden alle Werte dieses Profils mit den fortlaufenden Werten des Faltungskerns multipliziert und alle Ergebnisse aus diesen Multiplikationen addiert. Zur Bestimmung des folgenden Einzelwertes wird dieser Vorgang mit dem um einen Meßwertabstand weitergeschobenen Faltungskern wiederholt.

Der Faltungskern muß so gewählt werden, daß bei dem korrigierten Schwächungsprofil außerhalb des abgebildeten Details negative Werte auftreten, die mit zunehmendem Abstand geringer werden. So wird die bei ungefilterter Rückprojektion auftretende, ebenfalls mit zunehmendem Abstand geringer werdende Verschmierung gerade kompensiert (Abb. 9).

Nach dieser Korrektur kann der Dichtewert für jeden Bildpunkt, d.h. sein Schwächungskoeffizient μ errechnet werden. Dabei geht man davon aus, daß im weichteildichten Gewebe bei konstanter Röhrenspannung ein annähernd linearer Zusammenhang zwischen dem Schwächungskoeffizienten und der physikalischen Dichte des Objektpunktes besteht.

μ kann aus der Beziehung

$$I = I_0 \cdot e^{-(\mu \cdot d)} \text{ ermittelt werden.}$$

I : geschwächte Strahlenintensität, die den Körper passiert hat

I_0 : einfallende Strahlenintensität

d : Schichtdicke

Aus den aus allen Richtungen aufgenommenen korrigierten Schwächungsprofilen wird je ein Wert ausgewählt, und zwar der, der den Ausschnitt des Röntgenstrahls repräsentiert, welcher den interessierenden Matrixpunkt passiert hat.

μ wird nun für jeden einzelnen Bildpunkt ermittelt, das Bild kann dargestellt werden.

3.2.3 Die bildliche Darstellung

Dazu wird der errechnete Schwächungskoeffizient nicht in seiner absoluten Größe wiedergegeben, sondern seine relative Abweichung vom Schwächungskoeffizienten des Wassers als CT-Zahl nach der Beziehung:

$$\text{CT-Zahl} = \frac{\mu_X - \mu_W}{\mu_W} \cdot 1000$$

μ_X = linearer Schwächungskoeffizient des jeweiligen Stoffes

μ_W = linearer Schwächungskoeffizient des Wassers

Wasser hat demnach die CT-Zahl 0, Luft bei einem Schwächungskoeffizienten $\mu_L = 0$ die CT-Zahl -1000. Die CT-Zahlen werden als Hounsfield-Einheiten (HE) bezeichnet. Jeder Gewebeart können charakteristische CT-Zahlen zugeordnet werden (Abb. 10).

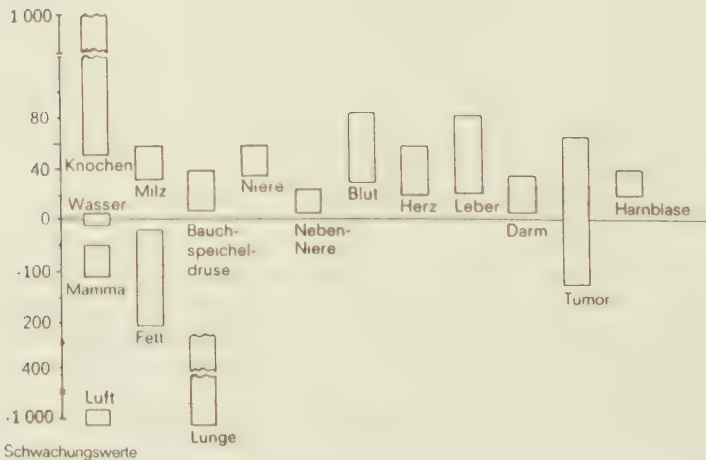


Abbildung 10: HE-Bereiche verschiedener Gewebearten in der CT-Schwächungswertskala
Aus: E. Petersilka (65)

Jeder Hounsfield-Einheit wird ein Grauwert zugeordnet. Da die Hounsfield-Skala 2000 Werte umfaßt, das Auge jedoch nur maximal 20 Graustufen unterscheiden kann, ist es nicht sinnvoll, den gesamten Bildumfang in einem einzigen Bild darzustellen. Das Auge würde dann 100 Graustufen, d.h. Dichtewerte, zu einem einzigen zusammenfassen, die hohe Kontrastauflösung könnte nicht zum Tragen kommen.

Deswegen werden die 20 vom Auge unterscheidbaren Graustufen nur einem Teilbereich der Gesamt-HE-Skala zugeordnet, ein Verfahren, das als Fenstertechnik bezeichnet wird (Abb. 11).

Interessierende Dichtebereiche können so mit hoher Auflösung dargestellt werden.



Abbildung 11: Die Fenstertechnik

Aus: Siemens, Informationen zur Computertomographie (80)

3.2.4 Qualitätskriterien des CT-Bildes

Wie bei anderen bildgebenden Verfahren auch, sind die Orts- und die Dichteauflösung die wichtigsten Parameter der Bildqualität.

Die Ortsauflösung gibt an, welche kleinsten nahe benachbarten Objekte mit hohem Kontrastunterschied getrennt abgebildet bzw. wahrgenommen werden können (Hochkontrastaufklärungsvermögen).

Bei modernen Geräten liegt sie bei 1 mm (81). Das räumliche Auflösungsvermögen hängt auch vom Kontrastunterschied ab. Messungen ergaben, daß ein Feld von 1,5-facher Bildpunktgröße aufgelöst wird, wenn es zur Umgebung einen Kontrastunterschied von 10 % aufweist. Kontrastunterschiede von 1 % erfordern das 4- bis 10-fache der Bildpunktgröße.

Die Dichteaufklärung gibt an, welche Abmessungen ein Objekt mit sehr geringem Kontrastunterschied zum Hintergrund haben muß, um noch erkennbar zu sein. Sie wird durch das Signalrauschen bestimmt. Rauschen entsteht dadurch, daß die Intensität der Röntgenstrahlung und damit jeder Schwächungswert einer statistischen Schwankung unterworfen ist.

3.2.5 Bildstörungen

Damit ein Computertomogramm reproduzierbar wird, dürfen seine Schwächungswerte nur von der Dichte, d.h. der atomaren Zusammensetzung des untersuchten Objekts abhängen. Um diesem Ziel nahezukommen, müssen eine Reihe teilweise systembedingter Fehlerquellen ("Bildstörungen") berücksichtigt werden. Denn sie rufen Artefakte hervor, d.h. Erscheinungen im Tomogramm, die im untersuchten Objekt nicht vorhanden sind (88).

- Bewegungsvorgänge

Sie führen nicht nur zu einer Verwischung der Konturen, sondern auch zu Streifenartefakten, die sich, vom Ort der Bewegung ausgehend, über das gesamte Bild erstrecken. Hervorgerufen werden sie durch Unruhe und Atmung des Patienten, durch unvermeidliche Organbewegungen seitens des Herzens und der großen Gefäße sowie durch die Darmperistaltik.

- Strahlungsaufhärtung

Sie entsteht dadurch, daß die benutzte Röntgenstrahlung nicht monoenergetisch, sondern spektral verteilt ist. In einem Bremsspektrum werden nun energiereiche Strahlenanteile weniger geschwächt als energiearme, der Strahl aufgehärtet. Der Effekt ist um so stärker ausgeprägt, je höher die Ordnungszahl des absorbierenden Materials ist. Dies führt zu einer Veränderung der gemessenen CT-Zahlen in Abhängigkeit vom Schwächungsvermögen des gemessenen Objekts. Daraus ergibt sich, daß mit zunehmender Körpertiefe die Strahlung immer durchdringungsfähiger wird und der Schwächungskoeffizient abfällt. Dies läßt sich rechnerisch korrigieren, wenn die anatomische Struktur der zu untersuchenden Schicht annähernd bekannt ist. Auch tritt dieser Effekt in der Umgebung von Knochenstrukturen und kontrastmittelangereicherten Blutgefäßen auf.

- Teilvolumeneffekt (partial-volume-effect)

Werden Organstrukturen nur teilweise von einer Schichtebene erfaßt, d.h. füllen unterschiedlich dichte Strukturen ein Volumenelement aus, tragen sie zum Dichtewert in dem Maße bei, wie sie das Elementvolumen ausfüllen. Da aber unter der Annahme, daß jedes voxel homogen ist, als Schwächungswert pro Volumenelement ein gemittelter Wert registriert wird, können diese Dichtedifferenzen nicht abgebildet werden. Der Effekt ist Folge einer begrenzten räumlichen Auflösung und verfälscht den Dichtewert an Strukturgrenzen. Er läßt sich durch eine Verringerung der Schichtdicke reduzieren (77). Konturen werden verzerrt und Spalträume maskiert (86). Wird das Volumenelement mit Objekten stark unterschiedlicher Dichte ausgefüllt, z.B. Knochen und Luft, Kontrastmittel und Luft im Magen-Darm-Trakt, kann dies zusätzlich zu Streifenartefakten führen (Abb. 12).

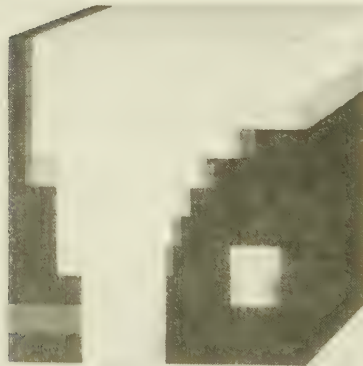
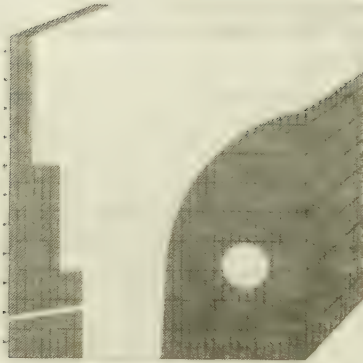


Abbildung 12: Der Teilvolumeneffekt:

- a) Abtastung eines Objekts aus zwei unterschiedlich dichten Medien
- b) Die gemessenen Schwächungswerte bewirken eine vergrößerte Darstellung

Aus: O.H. Wegener (86)

3.3 Darstellung des Pankreas und seiner Nachbarstrukturen im Computertomogramm

Das Pankreas wird im CT des Oberbauchs fast immer abgebildet (10,26,17). Die Fettgewebsschicht, die das gesamte Organ umgibt, hat eine wesentlich niedrigere Dichte als die Drüse selbst. Sie ist dadurch gut von ihren Nachbarstrukturen abgrenzbar (Abb. 13).

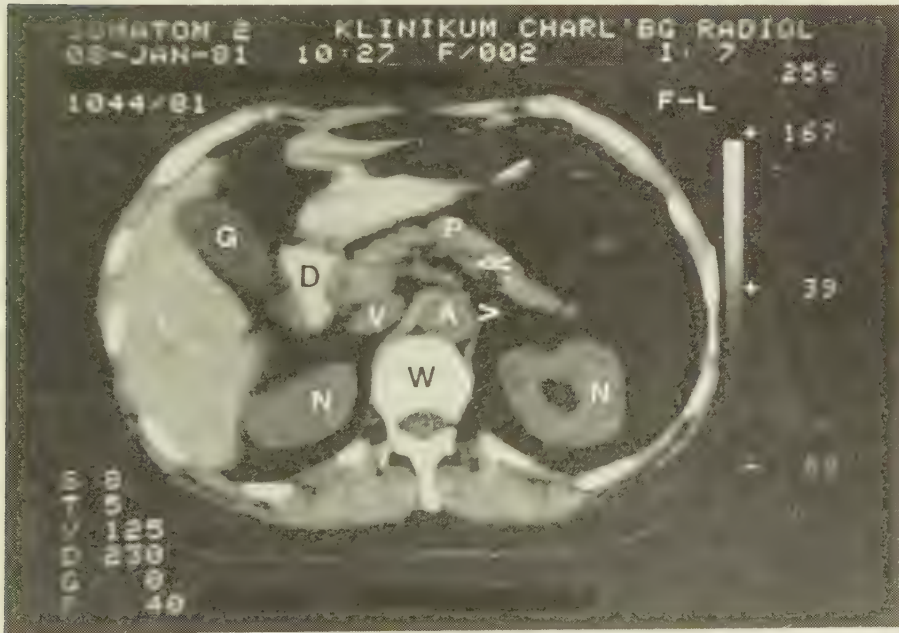


Abbildung 13: Normales Tomogramm des Pankreas nach peroraler Gabe von Gastrografin®. Abbildung aller Organabschnitte in einer Schicht.

P = Pankreas, L = Leber, G = Gallenblase, N = Niere,
 D = Duodenum, W = Wirbelkörper, → = Nebenniere, A = Aorta,
 V = V. cava inferior, * = A. mesenterica superior,
 ↔ = V. lienalis

Seine **Kontur** erscheint glatt oder in 20 % lobuliert (30). Die Lobulierung ist bei unverminderter Größe eine Normvariante und nicht Ausdruck eines pathologischen Geschehens (30).

Die **Form** ist variabel. KREEL beschreibt sie als überwiegend gekrümmt und L-förmig (42), seltener hat es die Form eines Sigma oder Hufeisens. Das Organ verjüngt sich von Kopf in Richtung Schwanz.

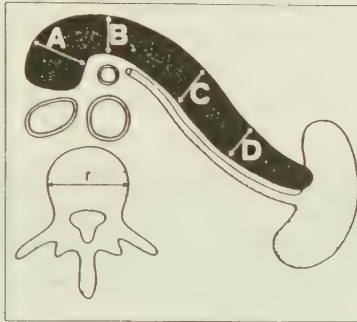
Der Korpus-Kaudabereich liegt mehr kranial, das Caput und sein kaudaler Ausläufer, der kommaförmige Processus uncinatus, werden in tieferen Transversalschnitten abgebildet. Gelegentlich liegen alle Organabschnitte in einer Schicht. Die Papilla duodeni major liegt meist in Höhe des 3. Lendenwirbelkörpers (42). Vor der Arteria mesenterica superior ist das Organ häufig verschmälert (Collum oder Incisura pancreatis).

Größenbestimmungen wurden von verschiedenen Autoren durchgeführt. FERUCCI spricht von einer Vergrößerung, wenn das Organ senkrecht zur Längsachse mehr als 3 cm mißt (14).

HAERTEL und KREEL (30) geben als Normwerte an:

Caput pancreatis	: 25 ± 3,0 mm
Collum pancreatis	: 19 ± 2,5 mm
Corpus pancreatis	: 20 ± 3,0 mm
Cauda pancreatis	: 15 ± 2,5 mm

Die Messungen werden senkrecht zur Längsachse des Organs vorgenommen unter Zugrundelegung der Maximaldurchmesser bei lobulierten Pankreasformen (Abb. 14). Das Collum wurde als in Höhe der Wirbelkörpermitte, die Kauda als 2 cm medial des Organendes gelegen angenommen. Der Patient liegt bei den Untersuchungen auf dem Rücken. Das Verhältnis der anterior-posterioren zu den superior-inferioren Durchmessern sämtlicher Organabschnitte beträgt etwa 1 : 2 (30).



A	$25 \pm 3,0 \text{ mm}$	$A/r < 1$
B	$19 \pm 2,5 \text{ mm}$	$C/r < 2/3$
C	$20 \pm 3,0 \text{ mm}$	
D	$15 \pm 2,5 \text{ mm}$	

Abbildung 14: Richtmaße für ein normal großes Pankreas nach HAERTEL (30) und HAAGA (27). A = Caput, B = Collum, C = Corpus, D = Cauda, r = Wirbelkörperdurchmesser.

Aus O.H. Wegener (86).

HAAGA et al. (27) bezogen ihre Messungen auf den Querdurchmesser des korrespondierenden Wirbelkörpers:

Der senkrecht zur Längsachse des Organs gemessene Durchmesser des Pankreaskopfes darf den Querdurchmesser des 2. Lendenwirbelkörpers nicht überschreiten, Korpus und Kauda dürfen 1/3 dieses Querdurchmessers nicht unter-, 2/3 nicht überschreiten (Abb. 14).

Die hierbei gewonnenen größeren Normalwerte führen HAERTEL und KREEL zum einen auf die Kippung der gantry, zum anderen auf die minutenlangen Expositionszeiten bei den Geräten der 2. Generation, bei denen sich Bewegungsunschärfen nicht vermeiden lassen, zurück (30).

Die **Dichte** des Parenchyms ist homogen und beträgt 30 bis 45 HE.

Das **Gangsystem** wird beim Gesunden nicht dargestellt (32,16). Wie Phantommessungen ergaben, ist der Ductus pancreaticus mit den heutigen Geräten darstellbar (3), denn er mißt beim 30- bis 50jährigen 3,3, beim 70- bis 90jährigen 4,6 mm (16) im Querdurchmesser. Feine Strichartefakte und minimale Atembewegungen verhindern jedoch in der Praxis, daß er im Computertomogramm abgebildet wird.

Die Kenntnis und Identifikation der **Nachbarstrukturen** ist einerseits wichtig, um das Pankreas im Tomogramm leichter auffinden zu können, andererseits wird verhindert, daß diese als dem Organ zugehörig betrachtet werden. Die Folge wäre eine irrtümlicherweise angenommene Vergrößerung.

Den Pankreaskörper abzugrenzen, gelingt mit Hilfe der **Arteria mesenterica superior**, die sich immer dorsal von diesem befindet (13).

Die **Vena lienalis** verläuft entlang der Dorsalgrenze des Organs. Gelegentlich gräbt sie sich in das Parenchym ein, gelegentlich liegt sie dem Organ unmittelbar an. Beide Strukturen sind dann nicht mehr voneinander abgrenzbar. Cave: Pseudovergrößerung! In anderen Fällen wiederum liegt ein trennender Fettsaum zwischen beiden.

Die **Vena portae** und die in sie mündende **Vena mesenterica superior** liegen dem Pankreaskopf unmittelbar an. Sie sind, da hier auch kein Fettgewebe interponiert ist, im Nativbild nur schwer vom Caput pancreatis zu trennen (Abb. 15).

Das gleiche Problem besteht beim **Duodenum**, das als C-Schlinge den Kopf von lateral und kaudal umgibt. Proximale **Jejunumkonvolute** sind häufig nur schwer vom Pankreasschwanz zu trennen.

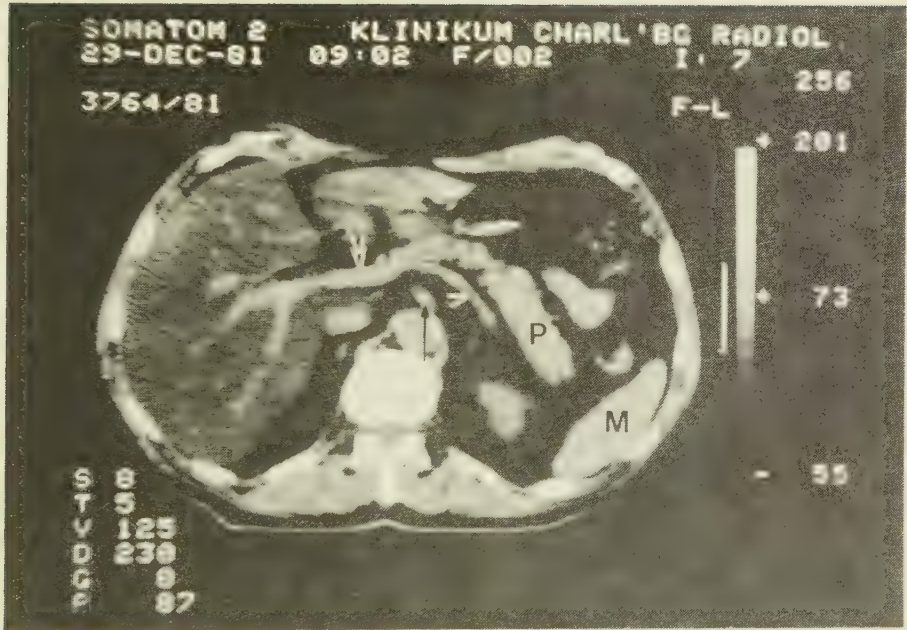


Abbildung 15: Darstellung der V. lienalis und der V. portae mit ihrer Verzweigung in der Leber. Die Verzweigung ist durch die herabgesetzte Dichte bei Fettleber gut darstellbar. Verplumptes Pankreas im Körper- und Schwanzbereich.

> = V. lienalis, >> = V. portae, → = A. mesenterica superior, P = Pankreas, M = Milz

4 HAUPTTEIL

4.1 Patientengut

In der Zeit von Juni 1980 bis Ende März 1982 wurden in der Radiologischen Abteilung des Klinikums Charlottenburg 445 Patienten im Rahmen der Routinediagnostik untersucht, bei denen der Verdacht auf eine Pankreaserkrankung bestand. Bei zusätzlichen 21 Patienten wurde dieser Verdacht computertomographisch erstmals geäußert. Von diesen 466 Patienten mit der Verdachtsdiagnose "Pankreaserkrankung" wurden diejenigen in die Studie aufgenommen, bei denen die Enddiagnose und alle diagnostisch relevanten Befunde ermittelt werden konnten. Dies war bei 214 Untersuchten möglich. Eine Selektion des Patientengutes wurde nicht vorgenommen.

Unter Zugrundelegung der Enddiagnose wurden drei Gruppen gebildet:

Gruppe 1: Patienten mit Pankreaserkrankung

Gruppe 2: Patienten ohne Pankreas-, jedoch anderer organischer Erkrankung

Gruppe 3: Patienten ohne organische Erkrankung

Gruppe 1:

Dieser Gruppe gehören 147 Patienten an, die in folgende Untergruppen nach Art und Häufigkeit der Erkrankung aufgeteilt werden können:

Chronische Pankreatitis	75
Maligne Tumoren im Bereich des Pankreas	31
Akute Pankreatitis	28
Metastatisch befallenes Pankreas	13

Neben diesen wurden noch 9 Patienten erfaßt, bei denen nur der Verdacht auf eine Pankreasaffektion ausgesprochen wurde; 1 Patient zeigte Unregelmäßigkeiten des Ductus pancreaticus ohne Zuordnungsmöglichkeit zu einer der obigen Krankheitsgruppen.

Gruppe 2:

Die 45 Patienten dieser Gruppe leiden an folgenden Krankheiten:

Erkrankungen des Magens/Duodenums	9
Maligne Tumoren in anderen Organen	8
Gallenerkrankungen	6
Andere Erkrankungen	6
Erkrankungen des arteriellen Gefäßsystems	4
Gutartige Engstellung des Ductus choledochus	2

Gruppe 3:

Bei diesen 12 Patienten konnte kein organisches Korrelat für die geschilderten Beschwerden gefunden werden. Überwiegend wurden sie mit der Diagnose "Funktionelle Beschwerden" entlassen, zum Teil wurde ihnen empfohlen, sich in psychotherapeutische Behandlung zu begeben.

Die Sicherung der Enddiagnose erfolgte auf unterschiedliche Weise und differierte bei den einzelnen Krankheitsgruppen:

Diagnosesicherung bei den Patienten mit Pankreasneoplasma:

- operativ und histologisch	24	
- operativ	2	(Der Operateur verzichtete wegen des klaren makroskopischen Befundes auf eine Gewebsentnahme)
- klinisch und histologisch	3	
- klinisch	2	(Das eindeutige Vorliegen sekundärer Malignitätskriterien und die Verlaufsbeobachtung läßt die Diagnose unzweifelhaft erscheinen)

Diagnosesicherung bei den Patienten mit metastatisch befallenen Pankreas:

- operativ und histologisch	4	
- autopsisch	3	
- klinisch und histologisch	2	
- laparoskopisch und histolog.	1	
- operativ	1	
- klinisch	2	(Wiederum läßt das ausgeprägte Vorliegen sekundärer Malignitätskriterien und das Bekanntsein einer Krebserkrankung keinen Zweifel an der Diagnose zu)

Diagnosesicherung bei den Patienten mit akuter Pankreatitis:

- operativ	15	
- autopsisch	2	
- klinisch	11	(Wegweisend für die Diagnose sind bei diesen Patienten der klinische Verlauf und die Laborparameter)

Diagnosesicherung bei den Patienten mit chronischer Pankreatitis:

- operativ	20	
- klinisch	55	(Zur Diagnosestützung und zum sicheren Ausschluß eines Neoplasmas liegen Verlaufsbeobachtungen über mindestens 6 Monate vor)

Auch bei den Pankreasgesunden (Gruppe 2 und 3) liegen Verlaufsbeobachtungen mit einer Symptombefreiheit von seiten des Pankreas von wenigstens 6 Monaten vor.

Daten zur Epidemiologie

Das Durchschnittsalter in den einzelnen Krankheitsgruppen beträgt:

Maligne Tumoren	62,7 Jahre
Pankreasmastasen	68,4 Jahre
Akute Entzündungen	49,7 Jahre
Chronische Entzündungen	49,1 Jahre

Die Unterteilung in Altersgruppen ist in Abbildung 16 und Tabelle 1 des Anhangs dargestellt.

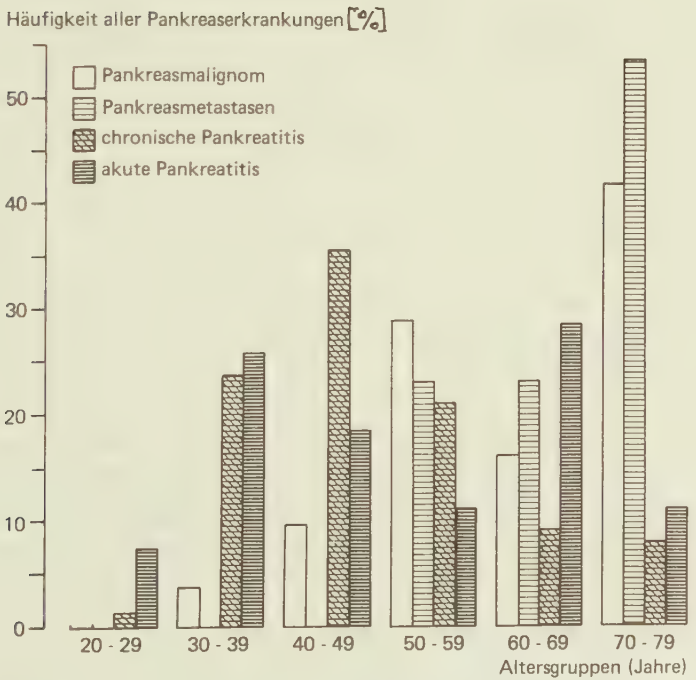


Abbildung 16: Prozentuale Häufigkeit der Altersgruppen für jede Pankreaserkrankung.

Der prozentuale Geschlechtsanteil an jeder Pankreaserkrankung ist:

Neoplasmen (n = 31):	Männer	58,1 %	(18/31)
	Frauen	41,9 %	(13/31)
Metastatisch befallenes Pankreas (n = 13)	Männer	53,8 %	(7/13)
	Frauen	46,2 %	(6/13)
Akute Entzündungen (n = 28)	Männer	57,1 %	(16/28)
	Frauen	42,9 %	(12/28)
Chronische Entzündungen (n = 75)	Männer	62,6 %	(47/75)
	Frauen	37,4 %	(28/75)

4.2 Methodik

4.2.1 Gerätetyp und Konstruktionsmerkmale

Sämtliche Untersuchungen der Jahre 1980 bis 1982 wurden mit einem Fächerstrahlgerät der 3. Generation, dem Somatom 2 der Firma Siemens durchgeführt (82).

Die verwendete Röhre arbeitet nach dem Drehanodensystem, wodurch bei kurzen Aufnahmezeiten ihre Belastung deutlich herabgesetzt wird. Zusammen mit einer hohen Wärmespeicherkapazität und einem ausreichenden Kühlsystem sind dies die Voraussetzungen, um eine Serien-CT durchführen zu können, d.h. die Aufeinanderfolge einer Serie von Scans mit kurzer Pausenzeit.

Zur Signalregistrierung sind auf dem Detektorkranz 520 Cäsiumjodidkristalle mit angekoppelten Photodioden angebracht. Der gedachte Kreis, auf dem die Detektoren einen Abschnitt von $42,7^\circ$ belegen, hat einen Radius von 1135 mm, der dem Fokus-Detektorabstand entspricht.

512 Detektoren sind für die Aufnahme der Meßdaten des 53 cm großen Meßfeldes vorgesehen, die restlichen 8 überwachen die Intensität der Röntgenstrahlung.

Das Meßsystem, bestehend aus Röhre, Detektoren und Meßelektronik wird in regelmäßigen Abständen kalibriert.

4.2.2 Geräteeinstellung

Das Gerät arbeitet bei der Untersuchung unter folgenden Bedingungen:

Faltung	Body mode, Normalkern
Anzahl der Projektionen	360
Aufnahmezeit	5 s
Röhrenspannung	125 kV bei 230 mAs
Schichtdicke	8 mm
Gantry	0°

4.2.3 Untersuchungstechnik

- Vorbereitung des Patienten

Bei dem verwendeten Gerät mit kurzen Aufnahmezeiten muß der Patient für die Untersuchung kaum noch vorbereitet werden.

Eine Prämedikation zur Herabsetzung der Darmmotilität ist nicht erforderlich.

Jedoch soll der Patient in den letzten vier Stunden vor Untersuchungsbeginn nichts mehr gegessen haben.

In der vorangehenden Woche darf eine Untersuchung mit bariumhaltigem Kontrastmittel nicht durchgeführt worden sein, da dies wegen der hohen Dichte zu Artefaktbildungen führt (s. 3.2.5, Teilvolumeneffekt).

- Lage

Der Patient liegt bei der Untersuchung auf dem Rücken. Wenn zur besseren Abgrenzung des Pankreaskopfes gegen das Duodenum orales Kontrastmittel verabreicht wird, wiederholt man die Aufnahmen in Rechtsseitenlage, da der Pankreaskopf in dieser Position besser von dem mit Kontrastmittel gefüllten Duodenum abgegrenzt werden kann.

- Untersuchte Körperregion

Zu Beginn der Untersuchung wird die Ebene festgelegt, von der aus die Schichtbilder erstellt werden sollen. Dies geschieht mit Hilfe des Topogramms. Es entspricht einem digitalen a.-p.-Summationsbild und wird erzeugt, indem der Patient auf der Liege durch die Öffnung der Abtasteinheit geschoben wird und Rohre und Detektorensystem in Ruhestellung bleiben.

Die entstandene Übersichtsaufnahme gibt zum einen Hinweise auf Kontrastmittelreste und einen meteoristisch geblahnten Darm. Zum anderen wird mit ihrer Hilfe der 11. Interkostalraum aufgesucht und von dort aus 8 mm breite angrenzende Schichten erstellt, d.h. der Liegenvorschub beträgt 8 mm.

Die letzte Schicht wird durch das Niveau der kaudalen Begrenzung des Organs bestimmt. Liegen jedoch zusätzliche Fragestellungen vor, wie etwa Metastasensuche, Primärtumorsuche, Frage nach der Ausdehnung einer Infiltration, werden zusätzliche Bilder erstellt.

4.2.4 Kontrastmittelanwendung

Durch die Gabe eines Kontrastmittels (KM) läßt sich die Abgrenzbarkeit des Pankreas verbessern. Desgleichen leistet sie einen Beitrag zur Differentialdiagnose. Folgende Applikationsformen sind möglich:

Peroral verabreichtes Kontrastmittel hebt den Magen-Darm-Trakt hervor. Sowohl das duodenale C als auch die Dünndarmschlingen, die dem Organ oft eng anliegen, werden so von der Bauchspeicheldrüse unterscheidbar (23). Ebenso können kleine Tumoren und Lymphome von den Darmschlingen differenziert werden (18).

Der Markierung dienen 500 ml einer 2%igen Gastrografin®-Lösung, die der Patient 30 min vor Untersuchungsbeginn zu trinken bekommt.

Unmittelbar vor der ersten Aufnahme schließt sich in Rechtsseitenlage die Einnahme von 250 ml einer 1%igen Lösung an. Sie verbessert insbesondere die Kontrastierung der oberen Duodenalabschnitte und erleichtert die Abgrenzung des Pankreaskopfes.

Intravenos, als Infusion verabreichtes Kontrastmittel: Sind differentialdiagnostische Zusatzinformationen über den Zustand des Parenchyms nicht erforderlich, gilt es also lediglich, das Organ von den angrenzenden Gefäßen, insbesondere der V. lienalis und der V. portae (54), abgrenzen zu können, wird das Kontrastmittel als Tropfinfusion gegeben.

Telebrix® und Angiografín® werden gleichermaßen verwendet. Die Untersuchung beginnt, nachdem 50 der 100 ml des Kontrastmittels infundiert sind.

Intravenös, als Bolus verabreichtes Kontrastmittel: Mit Hilfe dieser Applikationsform sind Aussagen über den Zustand des Parenchyms möglich.

Beim gesunden Pankreas findet eine homogene Organkontrastierung statt. Die dadurch gestiegene Dichte liegt zum Zeitpunkt des maximalen Enhancements um ca. 50 HE über der Nativdichte.

Die stärkste Anreicherung wird aufgrund der guten Durchblutung der Drüse zwischen der 15. und der 25. Sekunde nach dem Injektionszeitpunkt erreicht.

Die Dichte fällt dann recht schnell wieder ab (Abb. 17).

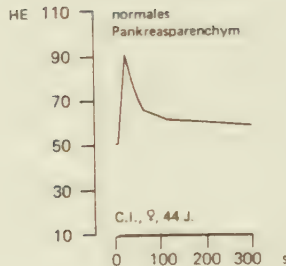


Abbildung 17: Dichte-Zeit-Diagramm des gesunden Pankreas nach intra-venöser Kontrastmittelgabe im Bolus.
Aus: C. Claussen (8)

Krankhaft verändertes Parenchym zeigt ein anderes Anreicherungsverhalten. Eine Kontrastmittelgabe erhöht den Dichtegradienten zwischen Normalparenchym und alteriertem Bereich. Sie verbessert damit die räumliche Auflösung umschriebener Läsionen (37).

Da das zeitliche Anreicherungsverhalten weitgehend spezifisch für die Art einer Läsion sein kann, leistet die Verabreichung des Kontrastmittels in Bolusform einen Beitrag zur Differentialdiagnose (8).

Nach der Bolusgabe wird eine Serie von Aufnahmen in determinierten Zeitabständen in derselben Schichtebene erstellt.

Ein standardisierter Injektionsmodus ist durch einen Kontrastmittelinjektor mit Volumen-Flowsteuerung (Simtrac, Fa. Siemens) möglich. Die Flußrate beträgt meist 6 ml/s.

Die Scanfrequenz wird mit 6 Bildern pro Minute bei insgesamt 9 Aufnahmen vorgewählt, die 3 letzten Aufnahmen erfolgen 120, 180 und 300 s nach Injektionsbeginn.

Die Indikationen zu dieser als Serien- oder Angio-CT bezeichneten Technik sind nach HELLER et al. (34):

- Abklärung des Vaskularisationsgrades einer Raumforderung
- Funktionsüberprüfung des Organs anhand der Perfusion
- Anatomische Zuordnung der dargestellten Strukturen

Die Indikationsstellung wird bei den hier untersuchten Patienten etwas modifiziert. Bei Vorliegen folgender Veränderungen wird die Serien-CT durchgeführt (8):

- Diffuse Vergrößerung des Organs und schlechte Abgrenzbarkeit zur Umgebung
- Umschriebene Auftreibung eines Pankreasabschnittes
- Inhomogene Dichte innerhalb des gesamten Organs oder eines Organabschnittes

Als Kontrastmittel wird Angiografin[®] verwendet. Das verwendete Volumen richtet sich nach dem Körpergewicht, es beträgt 1 ml/kg Körpergewicht (11).

Die Gabe erfolgt als gezielte Bolusinjektion (87), bei der eine hohe und kurze Kontrastierung des Zielorgans erreicht wird.

4.2.5 Auswertung

- Computertomogramme

Bei ihrer Auswertung lag das gesamte verfügbare Aktenmaterial des jeweiligen Patienten vor, d.h. die CT-Diagnose kommt aufgrund der retrospektiven Aufarbeitung der Computertomogramme und dieses Materials zustande.

Die Bildinterpretation erfolgt unabhängig durch zwei Untersucher mit langjähriger Erfahrung in der Ganzkörpercomputertomographie.

Das methodische Vorgehen bei der Erstellung und Auswertung der hypotonen Duodenogramme, der Sonogramme und der ERCP-Bilder ist den Kapiteln, in denen diese Verfahren mit der Computertomographie verglichen werden (Kap. 4.14.1, 4.14.2 und 4.14.3), jeweils vorangestellt.

4.3 Erfaßte Daten

Die Auswertung erfolgt mit Hilfe eines standardisierten Schemas. Dieses umfaßt:

1. Name und Alter des Patienten
2. Nichtradiologische Angaben:
 - Informationen zur Anamnese
 - Schmerzbefund
 - Laborbefund (Leukozyten, Amylase, Lipase, Cholestaseparameter, Tumormarker)
 - Untersuchung auf Funktionsstörung
 - Alkoholkonsum
 - Gewichtsverlauf
 - Vorhandensein eines Ikterus
 - Vorhandensein einer Anämie
3. Befund, Beurteilung und Diagnose folgender radiologischer Verfahren:
 - Abdomenübersichts- und Pankreaszielaufnahme
 - Magen-Darm-Passage und hypotone Duodenographie
 - Cholegraphie
 - ERCP
 - Sonographie
 - Angiographie
4. Intraoperativ und histologisch, gegebenenfalls durch Sektion gewonnene Befunde und Diagnosen

5. Kriterien der CT-Bildanalyse - Verwendete CT-Zeichen:

a) Techniken zur Verbesserung der Darstellung:

Untersuchung in Normallage-Seitenlage

Verwendung von Kontrastmitteln:

- oral
- intravenös als Infusion
- intravenös als Bolus

b) Größe des Organs:

Vergrößerung - Verkleinerung

Lokale - diffuse Größenänderung

Welcher Organabschnitt ist betroffen?

Größenangabe in mm

c) Kontur: - unscharf

- unregelmäßig
- Kontursprung

d) Infiltriert der Prozeß:

- die ventrale und/oder dorsale Fettschicht
- die angrenzenden Gefäße
- die Bursa omentalis, den Pararenalraum
- andere Organe

e) Dichte vor und nach intravenöser Kontrastmittelgabe:

- ist sie homogen - inhomogen
- Δ HE =

f) Liegen besondere Strukturen vor:

- Pseudozysten, Anzahl und Größe
- Nekrosen
- Abszesse
- Verkalkungen
- Gangerweiterung: intrahepatisch
extrahepatisch
intrapankreatisch
- Gallenblasenhydrops
- Metastasen: Lymphknoten
Leber

g) CT-Diagnose (retrospektive Beurteilung aus den Punkten 5a - f)

6. Enddiagnose (gemäß der Patientenakte)

Abhängig von der Behandlung bzw. von einer eventuell erfolgten Sektion ist die Diagnose:

- klinisch
- operativ
- autopsisch gesichert

Die Diagnose konnte oft durch eine feingewebliche Untersuchung zusätzlich histologisch gesichert werden.

4.4 Ergebnisse zur Darstellung des Pankreas (100 % = 214)

- Darstellbarkeit

Das Organ wurde bei 214 Untersuchungen einmal ($\approx 0,5\%$) nicht abgebildet. Im CT war nur Fettgewebe zu sehen. Die Klinik ergab bei dieser Patientin sowohl eine exkretorische als auch eine inkretorische Pankreasinsuffizienz und bestätigte die computertomographisch gestellte Diagnose einer chronisch-atrophischen Pankreatitis.

- Abgrenzbarkeit

Das Pankreas konnte bei 14 Patienten (6,5 %) nur schwer abgegrenzt werden:

Aus diätetischen Gründen oder wegen des schlechten Allgemeinzustandes verbot sich 4mal die perorale Kontrastierung des Magen-Darm-Trakts, was seine Abgrenzung erschwerte. - In weiteren 4 Untersuchungen konnten anliegende Darmschlingen trotz ihrer Markierung nicht eindeutig von der Bauchspeicheldrüse getrennt werden. Sehr ausgeprägte pathologische Veränderungen des Organs verhinderten trotz Kontrastmittelgabe bei 4 Patienten, daß es als eigenständige Struktur erkannt werden konnte. - Bei 2 Patienten war das peripankreatische Fettgewebe zu gering ausgebildet.

- Konturierung

Die Bauchspeicheldrüse ist bei 26 Patienten (12,1 %) lobuliert, bei 188 ist die Kontur glatt (87,9 %).

- Techniken zur Verbesserung der Darstellung

Bei 106 Untersuchungen (49,5 %) wurden neben den Aufnahmen in Rückenlage solche in Rechtsseitenlage erstellt. Sie war bei 26 Patienten die einzige Möglichkeit, den Pankreaskopf hinreichend vom Duodenum abgrenzen zu können.

168 Patienten (78,5 %) erhielten zur Markierung des Magen-Darm-Traktes Gastrografin® per os.

Zur intravenösen Kontrastmittelgabe als Infusion lag die Indikation bei 13 Patienten (6,1 %) vor.

Die Bolusinjektion wurde 35mal (16,4 %) angewendet, im einzelnen:

- beim Neoplasma	16
- bei der akuten Pankreatitis	4
- bei der chronischen Pankreatitis	12
- bei Pankreasgesunden	3

2mal wurde zur Darstellung der Gallenwege die perkutane transhepatische Cholangiographie (PTC) eingesetzt.

Resümée (100 % = 214):

Pankreas dargestellt	in 99,5 %
Pankreas gut abgrenzbar	in 93,5 %
Pankreas lobuliert	in 12,1 %
Patient in Rechtsseitenlage (S) untersucht	in 49,5 %
Pankreaskopf nur in "S" abgrenzbar	in 12,1 %
Gabe von oralem Kontrastmittel	in 78,5 %
Gabe von Kontrastmittel i.v. als Infusion	in 6,1 %
Gabe von Kontrastmittel i.v. als Bolus	in 16,4 %

4.5 Ergebnisse zum diagnostischen Wert der CT bei Pankreasuntersuchungen

- Treffsicherheit (overall accuracy)

Die Treffsicherheit gibt den prozentualen Anteil aller richtig diagnostizierten Befunde an. Sie bezieht dabei die Zahl der Übereinstimmungen zwischen CT- und Enddiagnose sämtlicher Pankreasuntersuchungen auf die Gesamtpatientenzahl:

$$\text{Treffsicherheit} = \frac{\text{Zahl der übereinstimmenden Diagnosen}}{\text{Gesamtpatientenzahl}}$$

Enddiagnose der pankreasuntersuchten Patienten		CT-Diagnose	
		richtig	falsch
Malignes Wachstum	n = 44	42	2
Entzündungen	n = 103	62	41
Normalbefunde	n = 57	55	2
204		159	45

$$\text{Treffsicherheit} = \frac{159}{204} = 77,9 \%$$

Das Kollektiv "malignes Wachstum" setzt sich aus den Patienten mit der Enddiagnose "maligne Tumoren" (n = 31) und "Pankreasmastasen" (n = 13) zusammen.

Die CT-Diagnose wurde bei diesen 44 Patienten als richtig bezeichnet, wenn der maligne Charakter der Veränderungen gesehen werden konnte. Bei den Patienten mit Pankreasmastasen konnte nicht als Kriterium das Auffinden des Primartumors gewählt werden, da dieser zum Teil vorher operativ behandelt worden war.

Das Kollektiv "Entzündungen" setzt sich aus den Patienten mit der Enddiagnose "akute Pankreatitis" (n = 28) und "chronische Pankreatitis" (n = 75) zusammen, das der Normalbefunde aus den Gruppen 2 und 3: "ohne Pankreas-, jedoch anderer organischer Erkrankung" (n = 45) und "ohne organische Erkrankung" (n = 12).

Den Vergleich zwischen diesem Ergebnis und der Treffsicherheit bei anderen Autoren ermöglicht Tabelle 1:

Tabelle 1: Treffsicherheit bei computertomographischen Pankreasuntersuchungen

Braganza (71)	69,0 %	n = 42
Fiegler (10)	92,9 %	n = 114
Gmelin (67)	75,6 %	n = 41
Haaga (64)	83,0 %	n = 59
Husband (69)	84,0 %	n = 50
Levitt (70)	87,0 %	n = 71
Mödder (72)	74,5 %	n = 168
Sheedy (58)	84,7 %	n = 150
Eigene Untersuchungen	77,9 %	n = 204

Sensitivität (sensitivity)

Die Sensitivität gibt den prozentualen Anteil aller richtig diagnostizierten pathologischen Befunde an. Sie wird bestimmt nach:

$$\text{Sensitivität} = \frac{\text{richtig-positiv}}{\text{richtig-positiv} + \text{falsch-negativ}} \times 100$$

Sie wird in zwei Stufen bewertet und unterschiedlich definiert:

Sensitivität I

Sie ist ein Maß dafür, wie häufig die pathologische Veränderung unspezifisch im CT abgebildet wird. Es bedeuten:

- richtig-positiv: Die pathologische Veränderung wurde im CT gesehen
- falsch-negativ: Die pathologische Veränderung wurde nicht gesehen, obwohl als Enddiagnose eine Pankreaserkrankung angegeben wird.

Enddiagnose der pankreasuntersuchten Patienten		CT-Diagnose		Sensitivität I
		richtig-pos.	falsch-neg.	
Malignes Wachstum	n = 44	42	2	95,5 %
Entzündungen	n = 103	76	27	73,8 %
	147	118	29	<u>80,3 %</u>

Der Vergleich mit anderen Autoren wird in Tabelle 2 gezogen. Da die Sensitivität I nicht bei allen Autoren explizit angegeben wird, wurde sie nötigenfalls aus dem publizierten Zahlenmaterial ermittelt.

Tabelle 2: Sensitivität I der Computertomographie bei Pankreaserkrankungen

Braganza (71)	96,9 %	n = 32
Fawcitt (35)	88,0 %	n = 50
Fiegler (10)	98,0 %	n = 40
Sager (44)	85,8 %	n = 78
Eigene Untersuchungen	80,3 %	n = 147

Sensitivität II

Sie hebt zusätzlich auf die Dignität des Prozesses ab. Es bedeuten:

- richtig-positiv: CT-Diagnose und Enddiagnose stimmen überein
- falsch-negativ: CT-Diagnose und Enddiagnose stimmen nicht überein

Enddiagnose der pankreasuntersuchten Patienten		CT-Diagnose		Sensitivität II
		richtig-pos.	falsch-neg.	
Malignes Wachstum	n = 44	42	2	95,5 %
Entzündungen	n = 103	62	41	60,2 %
	147	104	43	<u>70,7 %</u>

Zur Vergleichbarkeit wurden auch hier die Werte anderer Autoren - wenn nötig - erst ermittelt (Tab. 3).

Tabelle 3: Sensitivität II der Computertomographie bei Pankreaserkrankungen

Braganza (71)	75,0 %	n = 32
Fiegler (10)	88,2 %	n = 40
Lackner (68)	82,9 %	n = 188
Sager (44)	74,3 %	n = 78
Eigene Untersuchungen	70,7 %	n = 147

Die Ergebnisse zur Sensitivität lauten anders, wenn von den 147 pankreas-kranken Patienten diejenigen 71 herausgenommen werden, deren Enddiagnose operativ oder autopsisch gesichert ist.

Sensitivität I (Enddiagnose operativ oder autopsisch gesichert)

Enddiagnose		CT-Diagnose		Sensitivität I
		richtig-pos.	falsch-neg.	
Malignes Wachstum	n = 34	32	2	94,1 %
Entzündungen	n = 37	34	3	91,9 %
	71	66	5	<u>93,0 %</u>

Sensitivität II (Enddiagnose operativ oder autopsisch gesichert)

Enddiagnose		CT-Diagnose		Sensitivität II
		richtig-pos.	falsch-neg.	
Malignes Wachstum	n = 34	32	2	94,1 %
Entzündungen	n = 37	31	6	83,8 %
	71	63	8	<u>88,7 %</u>

Spezifität (specifity)

Sie gibt den prozentualen Anteil aller richtig diagnostizierten Normalbefunde an, dies nach der Formel:

$$\text{Spezifität} = \frac{\text{richtig-negativ}}{\text{richtig-negativ} + \text{falsch-positiv}} \times 100$$

Es bedeuten:

- richtig-negativ: Normalbefund wird gestellt
- falsch-positiv: CT-Diagnose einer nicht vorhandenen Pankreas-
erkrankung

55 der 57 Befunde (96,5 %) sind richtig-negativ.

Als Berechnungsgrundlage dienen die Patienten der Gruppen 2 und 3 (Kap. 4.1).

Die – wenn nötig errechneten – Angaben anderer Autoren gehen aus Tabelle 4 hervor.

Tabelle 4: Spezifität der Computertomographie bei Patienten ohne Pankreaserkrankung

Braganza (71)	50,0 %	n = 10
Fiegler (10)	100,0 %	n = 59
Gmelin (67)	75,0 %	n = 12
Haaga (64)	90,5 %	n = 116
Lackner (68)	87,1 %	n = 117
Eigene Untersuchungen	96,5 %	n = 57

Resümée:

Treffsicherheit	77,9 %	(100% = 204)
Sensitivität I		(100% = 147)
bei malignem Wachstum	95,5 %	
bei Entzündungen	73,8 %	
insgesamt	80,3 %	
Sensitivität I (Enddiagnose operativ oder autoptisch gesichert)		(100% = 71)
bei malignem Wachstum	94,1 %	
bei Entzündungen	91,9 %	
insgesamt	93,0 %	
Sensitivität II		(100% = 147)
bei malignem Wachstum	95,5 %	
bei Entzündungen	60,2 %	
insgesamt	70,7 %	
Sensitivität II (Enddiagnose operativ oder autoptisch gesichert)		(100% = 71)
bei malignem Wachstum	94,1 %	
bei Entzündungen	83,8 %	
insgesamt	88,7 %	
Spezifität	96,5 %	(100% = 57)

4.6 Das Pankreasneoplasma

4.6.1 Diagnosekriterien

Verschiedene Autoren haben die CT-Kriterien des Pankreasmalignoms erarbeitet (7,15,31,47,73).

Als relevant werden angesehen:

- eine umschriebene Vergrößerung als häufigstes Zeichen (bis zu 95 % bei HAERTEL), verbunden mit einem Kontursprung
- ein Überschreiten der Organgrenzen
- das Vorliegen sekundärer Malignitätskriterien:
 - Lymphknoten- und/oder Lebermetastasen
 - Zeichen der biliären Obstruktion
- eine Parenchyminhomogenität
- eine umschriebene Dichteminderung, hervorgerufen durch:
 - Nekrosen
 - poststenotische Pseudozysten
 - den Prozess selbst

Seltener werden beobachtet:

- eine Gefäßummauerung
- das Vorliegen eines weiteren sekundären Malignitätskriteriums:
 - Erweiterung des Ductus pancreaticus
- ein maligner Aszites
- eine Konturunregelmäßigkeit

Ausnahmsweise ist beim Malignom das Organ diffus vergrößert (BUURMAN). Ähnlich ungewöhnlich ist das Vorliegen von Verkalkungen. Da diskutiert wird, inwieweit die chronische Pankreatitis eine fakultative Präkanzerose darstellt (6), dürfen sie nicht als ausschließliches Zeichen der chronischen Entzündung gewertet werden (14).

Das Fehlen einer Dichtedifferenz zwischen Normalgewebe und Tumor erschwert die Diagnose und seine Abgrenzung von der chronischen Pankreatitis (31). Wird kein Kontrastmittel verwendet, ist die Diagnostik des karzinomatösen Geschehens vor allem auf das Vorhandensein einer Konturdeformation

bzw. einer umschriebenen Vergrößerung angewiesen. Sind diese Zeichen ausgebildet, ist der Tumor schon 2 bis 3 cm groß. Die computertomographisch nachvollziehbare Metastasierung und Umgebungsinfiltration ist dann bereits so weit fortgeschritten, daß er meist nicht mehr resezierbar ist. Aus chirurgischer Sicht ist dies der Fall, wenn (20,35,85):

- Lebermetastasen vorliegen
- die Lymphknoten des Truncus coeliacus und/oder des Retroperitoneums befallen sind
- die angrenzenden Organe, wie Magen und Mesocolon transversum, betroffen sind
- ein Aszites ausgebildet ist
- die Gefäße der Umgebung einbezogen sind, d.h. unter anderem eine retropankreatische Veneninfiltration vorliegt.

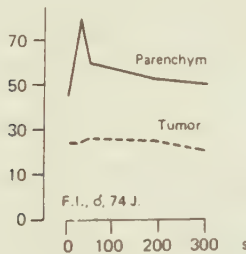


Abbildung 18: Zeit-Dichte-Diagramm beim Pankreasneoplasma nach intravenöser Kontrastmittelgabe im Bolus
Aus: C. Claussen (8)

Das Karzinom muß also im Computertomogramm früher erkannt werden können, um die Chancen für eine kurative Therapie zu erhöhen. Hier empfiehlt sich die intravenöse Kontrastmittelgabe im Bolus (s. 4.2.4, Kontrastmittelanwendung). Tumoren haben ein anderes Anreicherungsverhalten als das Normalparenchym. Ihr Kontrastenhancement ist geringer als die regelrechte Dichtezunahme des gesunden Restorgans. Man kann dann von einer Demaskierung des Tumors sprechen (Abb. 18).

4.6.2 Ergebnisse

Die Diagnose "Pankreasneoplasma" kann bei 30 der 31 untersuchten Patienten (96,8 %) gestellt werden. Diagnosekriterium war die Erkennbarkeit des malignen Charakters des Prozesses.

Fehldiagnose: Ein operativ gesichertes Papillenkarzinom.

32,3 % der Tumoren waren zum Operationszeitpunkt kurativ resezierbar, 67,7 % waren es nicht mehr.

Histologische Klassifikation

Die anhand der Gewebeproben erstellten histologischen Diagnosen lauten (siehe auch Tabelle 2 des Anhangs, 100 % = 27)

Adenokarzinom	74,1 %
Anaplastisches Karzinom	11,1 %
Zystadenokarzinom	3,7 %
Karzinoid	3,7 %
Leiomyosarkom	3,7 %
Zentroblastom	3,7 %

Lokalisation

Die Tumoren befanden sich bei den 31 Patienten:

im Caput	in 61,3 %
in Caput und Corpus	in 6,5 %
im Corpus	in 3,2 %
in Corpus und Cauda	in 9,7 %
in der Cauda	in 12,9 %
im ganzen Organ	in 6,5 %

Zum überwiegenden Teil, in mehr als 2/3 der Untersuchungen, befand sich der Tumor im Pankreaskopfbereich. Dort kann er klinisch frühzeitiger auffällig sein (schmerzloser Ikterus, Courvoisier'sches Zeichen) und laborchemisch durch die Cholestaseparameter erfaßt werden. Auch steht eine

größere Anzahl radiologischer Methoden zu seiner Erfassung zur Verfügung (Magen-Darm-Passage, hypotone Duodenographie, i.v.-Cholangiographie) als zur Erfassung des Pankreaskorpus- oder Pankreasschwanzneoplasmas.

Somit sind Pankreaskopftumoren frühzeitiger diagnostizierbar und mit größerer Wahrscheinlichkeit noch operabel. Kopftumoren waren in 42,1 % kurativ resezierbar, die Pankreastumoren anderer Lokalisation nur zu 16,7 %.

CT-Zeichen

Die beobachteten CT-Zeichen des Pankreasmalignoms und ihre prozentualen Häufigkeiten sind in Abbildung 19 und Tabelle 3 des Anhangs dargestellt.

Größe

Die umschriebene Vergrößerung ist die mit Abstand am häufigsten beobachtete Veränderung und wird damit zum wichtigsten CT-Zeichen des Pankreasneoplasmas.

Der Kontursprung, der sehr häufig eine Folgeerscheinung darstellt, wird zum zweitwichtigsten Kriterium (Abb. 20 und 21).

Die numerische Tumorgöße betrug, über alle Untersuchungen gemittelt, 45 mm (23 - 100 mm).

Dichte

Die Organdichte im Nativscan ist zu etwa gleichen Teilen homogen oder inhomogen und kann so zur Diagnose keinen Beitrag leisten. Bei inhomogenem Parenchym beläuft sich die durchschnittliche Schwankungsbreite der Dichtewerte auf 22 HE (Abb. 22 und 23).

Infiltration der Nachbarorgane

Bei 9 Patienten mit Pankreasneoplasma (29,0 %) brach der Tumor in andere Organe ein (Abb. 20, 21, 22, 23). Betroffen sind:

Magen und Duodenum	zu je 9,7 % (3mal)
Leberhilus, Niere, Milz und Nebenniere	zu je 6,5 % (2mal)

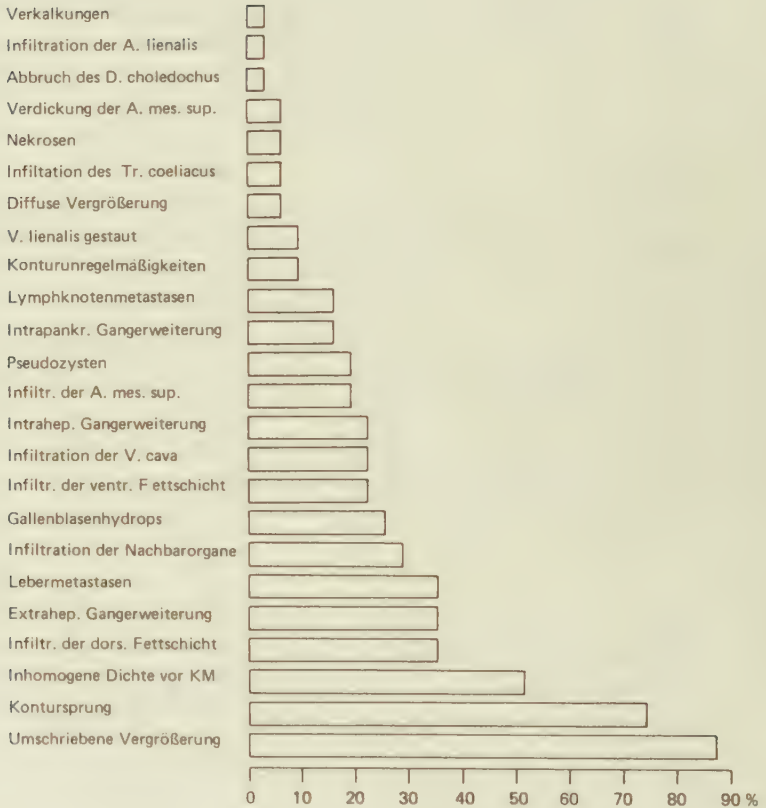


Abbildung 19: CT-Zeichen bei Pankreasmalignomen und ihre prozentualen Häufigkeiten

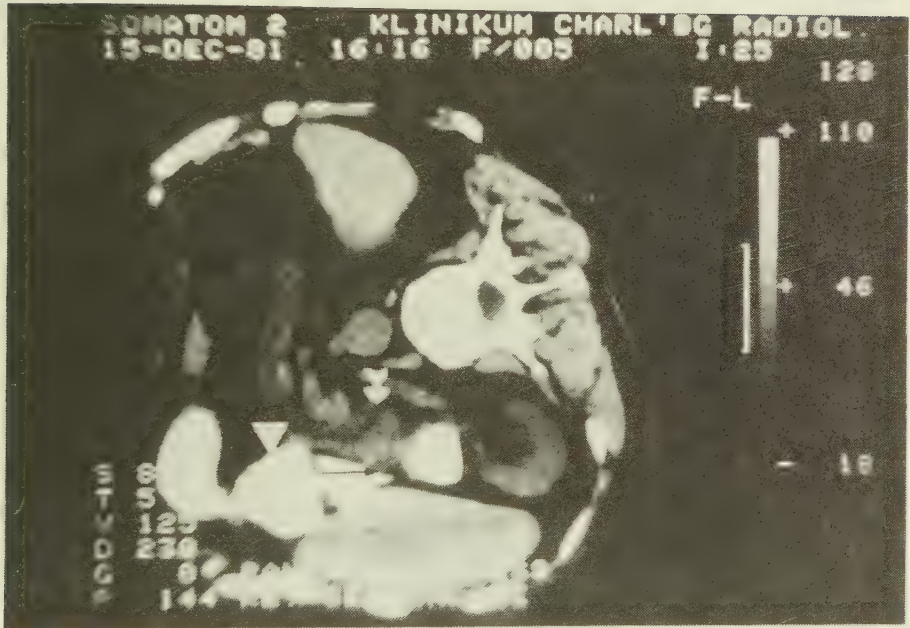


Abbildung 20: Pankreaskopfkarzinom (histologisch: Adenokarzinom)

-  = umschriebene Pankreaskopfvergrößerung mit Kontursprung
-  = erweiterter Ductus pancreaticus
-  = Infiltration und Stenosierung des Duodenums

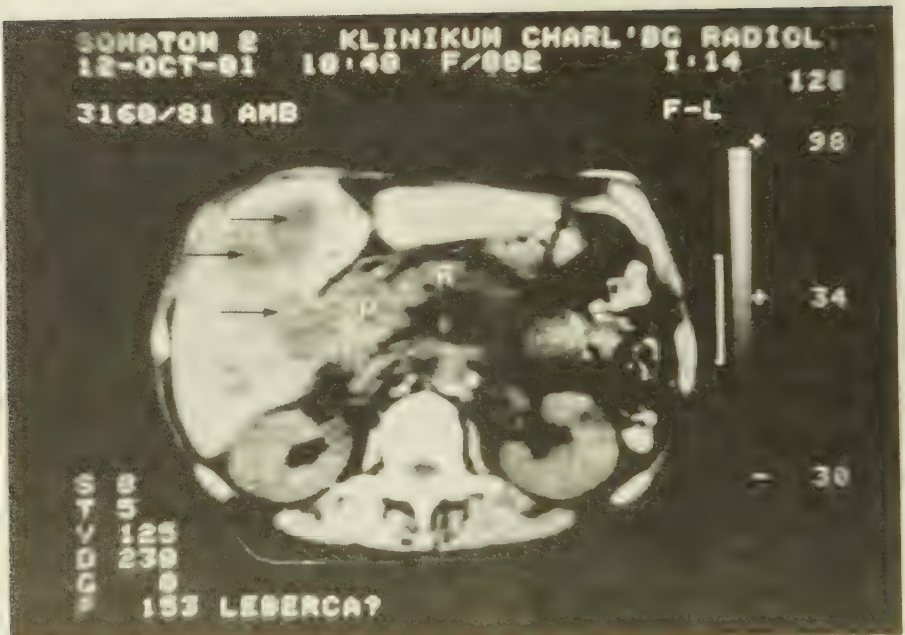


Abbildung 21: Pankreaskopfkarzinom (histologisch: anaplastisches Karzinom)

P = vom Leberhilus nicht abgrenzbarer, vergrößerter
inhomogener Pankreaskopf mit Kontursprung

→ = Lebermetastasen

R = Pankreasrestorgan, Pankreaskopf reicht bis an die
V. cava heran

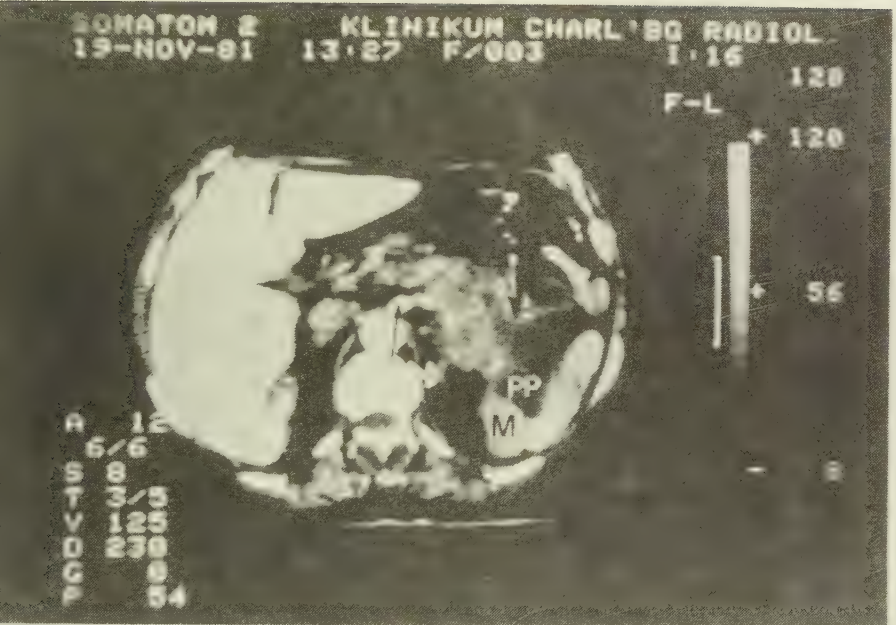


Abbildung 22: Pankreaskarzinom (histologisch: szirrhöses Adenokarzinom)
Befall von Pankreaskorpus und -schwanz mit Auftreibung
und Dichteinhomogenität dieser Organabschnitte.

P = Pankreaskorpus und -kauda

PP = Pankreaspseudozyste, die vom Pankreasschwanz
ausgeht und bis zum Milzhilus reicht

M = Milz

→ = durch Angio-CT kontrastierte A. mesenterica superior

➡ = in den Tumor einbezogene Nebenniere

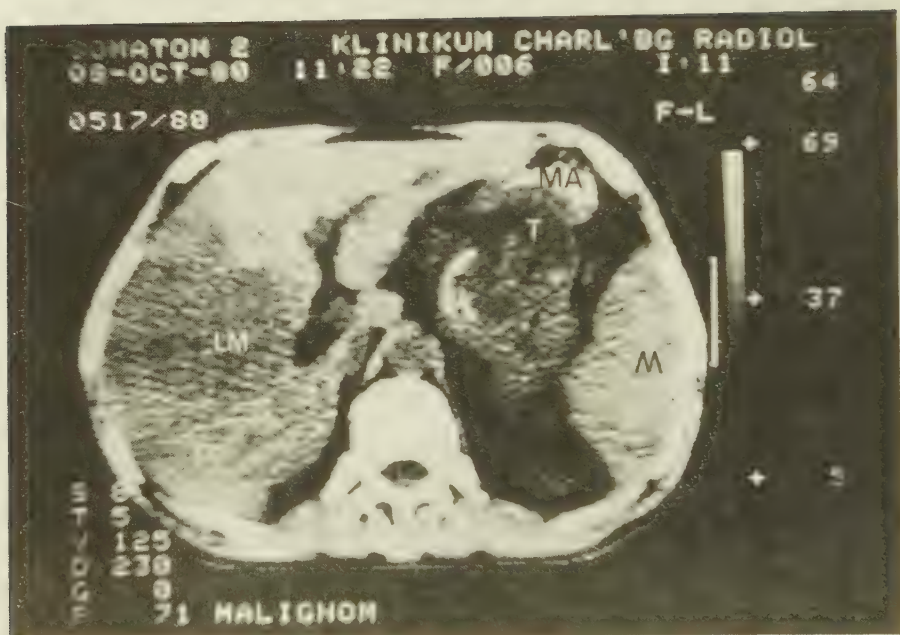


Abbildung 23: Riesiges Pankreaskarzinom (histologisch: niedrig differenziertes schleimbildendes Adenokarzinom)

T = inhomogene nekrotisch zerfallende Tumormasse

LM = mit Metastasen völlig durchsetzter rechter Leberlappen

MA = infiltrierter, verdrängter Magen (Magenlumen
kontrastmittelgefüllt)

M = infiltrierte, vergrößerte Milz

• = Verkalkungen

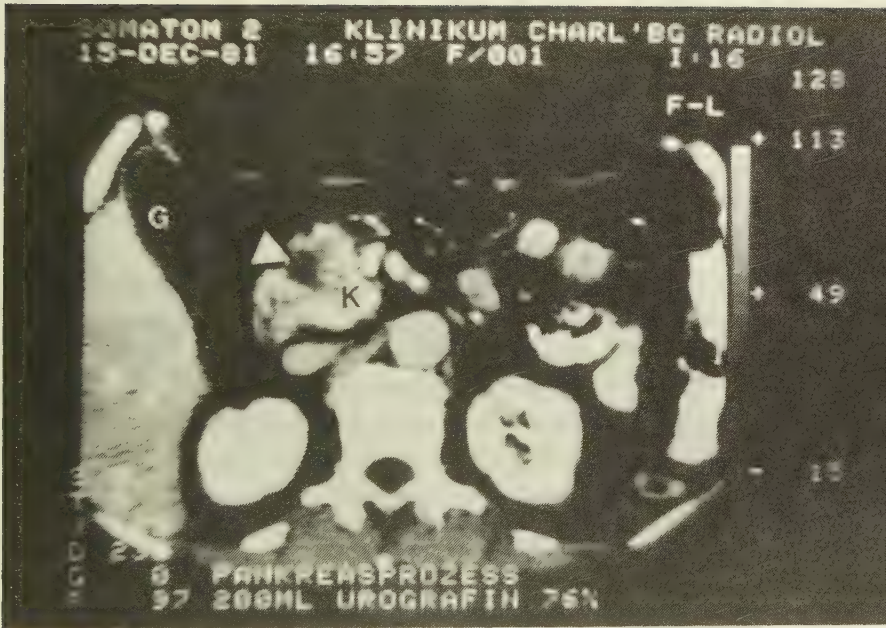


Abbildung 24: Pankreaskopfkarzinom (histologisch: Adenokarzinom) nach Serien-CT

K = polypös aufgetriebener, kontrastierter Pankreaskopf

▶ = Kontrastmittelaussparung des Tumorbezirks
(Demaskierung)

G = vergrößerte Gallenblase

Andere Zeichen

Bei 6 Patienten (19,4 %) ging der Tumor mit Pseudozysten einher (Abb. 22, 26 und 27), auch war er, wenngleich nur bei einer Untersuchung, verkalkt (Abb. 23).

Die Verbreiterung des mesenterialen Gefäßbandes und der Abbruch des Ductus choledochus mit terminal gezacktem Lumen wurden zwei- bzw. nur einmal gesehen.

Serien-CT

16 von 31 Patienten bekamen intravenöses Kontrastmittel in Bolusform. 14mal war es für die Diagnose wegweisend durch selektive Minderanreicherung im Tumorbezirk.

Bei 2 Untersuchungen hob sich der Tumor nicht vom Normalparenchym ab, dies bei einem Adenokarzinom mit szirrhöser Komponente und einem Papillenkarzinom. Die richtige CT-Diagnose konnte trotzdem aufgrund des Vorliegens anderer Kriterien (umschriebene Vergrößerung mit Dichtehomogenität, organüberschreitendes Wachstum) gestellt werden.

Kriterien der Operabilität

Bestimmte CT-Zeichen sind bei inoperablen Tumoren häufiger ausgebildet als bei operablen. Abbildung 25 erfaßt alle die Zeichen, bei denen der Häufigkeitsunterschied mindestens 10 % beträgt. Anhand ihres Auftretens oder Nichtauftretens wird so aus computertomographischer Sicht eine Aussage zur Resezierbarkeit des Neoplasmas möglich.

Von chirurgischer Seite sind Lebermetastasen (Abb. 21 und 23), die Infiltration der Nachbarorgane und der A. mesenterica superior als Inoperabilitätskriterien bekannt. So wird die computertomographisch erkennbare Infiltration der dorsalen Fettschicht zum wichtigsten Hinweis auf eine Nichtresektabilität des Neoplasmas (Abb. 26 und 27).

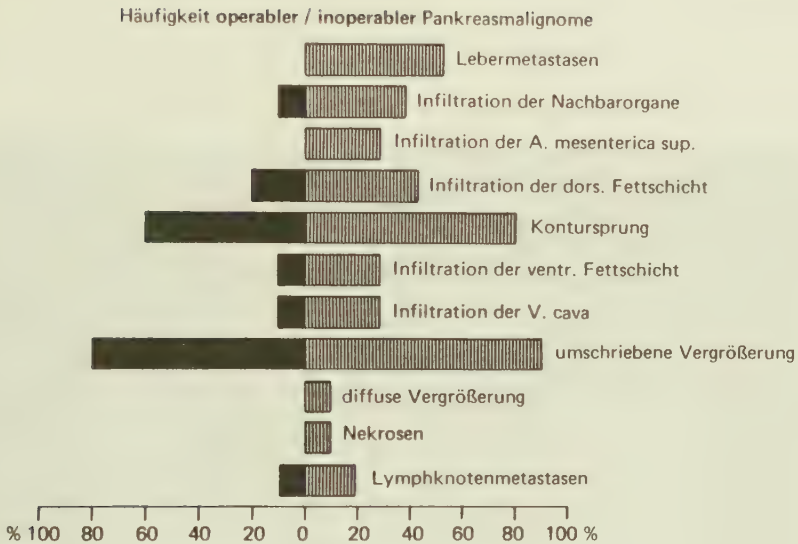


Abbildung 25: Vergleich der prozentualen Häufigkeiten, mit denen CT-Zeichen bei operablen (links) und inoperablen (rechts) Pankreasneoplasmen auftreten. Die Häufigkeitsunterschiede (prozentuale Häufigkeit bei operablen minus prozentuale Häufigkeit bei inoperablen Malignomen) nehmen von oben nach unten ab.

Häufigkeitsunterschiede

Lebermetastasen	52,4 %
Infiltration der A. mesenterica sup.	28,6 %
Infiltration der Nachbarorgane	28,1 %
Infiltration der dors. Fettschicht	23,0 %
Kontursprung	20,0 %
Infiltration der ventr. Fettschicht	18,6 %
Infiltration der V. cava	18,6 %
umschriebene Vergrößerung	10,5 %
diffuse Vergrößerung	9,5 %
Nekrosen	9,5 %
Lymphknotenmetastasen	9,0 %

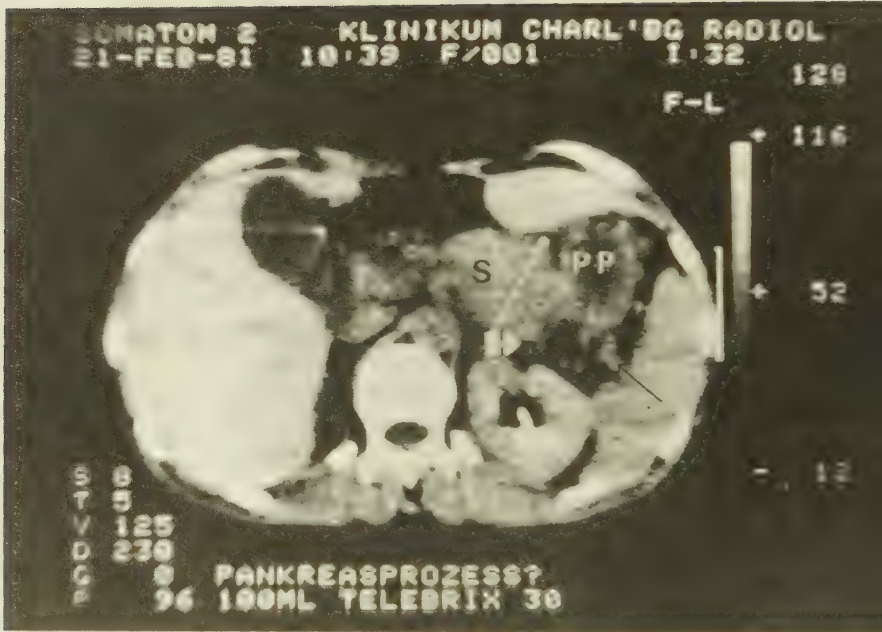


Abbildung 26: Pankreastumor (histologisch: Karzinoid)

- S = aufgetriebener Pankreasschwanz
- ➡ = infiltrierte dorsale Fettschicht
- PP = Pankreaspseudozyste im Schwanzbereich
- = gestaute V. lienalis

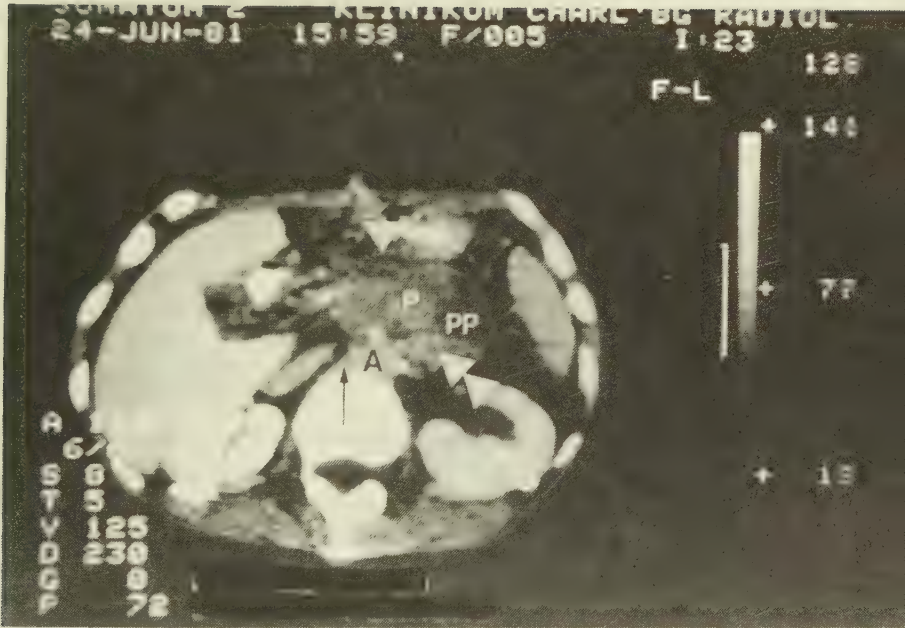


Abbildung 27: Pankreaskarzinom (histologisch: Adenokarzinom)

- P = diffus vergrößertes Pankreas
- ▷▷ = Infiltration der dorsalen Fettschicht
- ▷ = Infiltration der ventralen Fettschicht
- PP = Pankreaspseudozyste
- A = Aorta
- = paraaortale vergrößerte Lymphknoten

Je weiter oben die CT-Zeichen in Abbildung 25 zu finden sind, desto eindeutiger ist der Tumor nicht mehr operabel. Demgemäß mußten Lymphknotenmetastasen ein Operabilitätskriterium sein. Da sie jedoch computertomographisch insgesamt recht selten nachgewiesen werden (in dieser Studie zu 16,1 %), ist ihr Häufigkeitsunterschied ebenfalls gering und anders zu werten, u.z. in dem Sinne, daß das Vorhandensein von Lymphknotenmetastasen - in Übereinstimmung mit chirurgischen Kriterien - sehr wohl auf Inoperabilität hinweist und hohe differentialtherapeutische Signifikanz hat (Abb. 27).

Inoperable Malignome sind größer als operable:

Mittlere Größe der inoperablen Neoplasmen: 49 mm (25 - 100)

Mittlere Größe der operablen Neoplasmen: 31 mm (23 - 43)

Das CT im Vergleich zum Operationssitus

26 der 31 Patienten mit Pankreasneoplasma wurden operiert. Von diesen Patienten lagen die Operationsberichte vor. Die computertomographischen Befunde konnten so durch den Vergleich mit den OP-Berichten objektiviert werden. Zum Teil waren die im Situs gesehenen Veränderungen im Tomogramm nicht nachvollziehbar (Tabelle 5).

Infiltration des Duodenums	5
Infiltration der Niere	
Infiltration des Jejunums	
Infiltration des Mesocolon transversum	
Infiltration der A. mesenterica superior	2
Infiltration des Truncus coeliacus	
Infiltration der A. lienalis	
Infiltration der dorsalen Fettschicht	2
Infiltration der ventralen Fettschicht	
Vergrößerung der peripankreatischen Lymphknoten	2
Vergrößerung der Mesenteriallymphknoten	
Tumor der Papille von 1,5 cm Größe	

Tabelle 5: Pathologische Veränderungen, die intraoperativ festgestellt wurden, im CT jedoch nicht nachvollziehbar waren (fehlende Zahlenangabe bedeutet einmaliges Vorkommen), n = 26:

Papillenkarcinome

Papillenkarcinome verschließen frühzeitig die ableitenden Gallenwege und unterscheiden sich dadurch von den Pankreastumoren anderer Lokalisation. Für diesen frühzeitigen Verschluss, der durch das klinische Symptom schmerzloser Ikterus zutage tritt, ist ein meist kleiner und damit noch resezierbarer Tumor verantwortlich.

In dieser Untersuchung sind 6 Patienten mit einem operativ gesicherten Papillenkarcinom erfaßt. Die CT-Diagnosen lauten:

Papillenkarcinom	2
Papillenkarcinom DD Pankreaskopfkarcinom	3
Normalbefund	1

Die Diagnose Papillenkarcinom war bei 2 Patienten möglich, da der Tumor computertomographisch als knopfförmige Impression des Duodenums direkt sichtbar war. Er maß 17 bzw. 15 mm (Abb. 28).

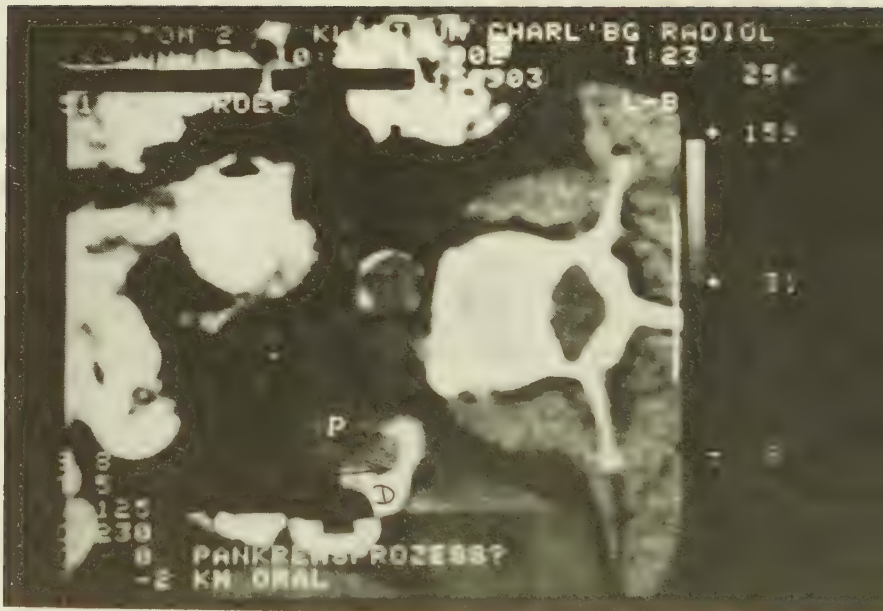


Abbildung 28: Papillenkarzinom

P = Pankreaskopf

→ = knopfförmige Impression des Duodenums

D = kontrastmittelgefülltes Duodenum

Bei 3 Untersuchungen blieb die Differentialdiagnose zum Pankreaskopfkarzinom offen, obwohl eine zum Teil massive Gangerweiterung mit einem gering vergrößerten Pankreaskopf kombiniert war, einmal auch ein hypodenses Kopfareal abgebildet wurde, der Papillentumor selbst jedoch nicht abgegrenzt werden konnte.

Das als Normalbefund fehldiagnostizierte Papillenzarzinom maß intraoperativ 15 mm und war im Computertomogramm nicht abgebildet. Die CT-Untersuchung fand jedoch 14 Tage nach einer endoskopischen Papillotomie statt, bei der das bis dahin gestaute Gangsystem Abfluß fand. Das indirekte Zeichen eines Kopf- oder Papillenzumors, die biliäre und/oder pankreatische Gangerweiterung, konnte so nicht mehr abgebildet werden. Auch sprach der OP-Bericht nur von dem Papillenzumor, andere pathologische Veränderungen wurden intraoperativ nicht festgestellt.

4.7 Das metastatisch befallene Pankreas

Richtig diagnostiziert werden 12 der 13 Patienten (92,3 %).

Bei diesen 12 Patienten konnte ein maligner Pankreasprozeß erkannt werden. Der Grund, aus dem heraus das Auffinden des Primärtumors kein Diagnosekriterium ist, wurde schon erwähnt (Kap. 4.5, Treffsicherheit).

Fehldiagnose: Eine operativ gesicherte Metastase eines Magenkarzinoms im Pankreaskopf.

Sie entging dem computertomographischen Nachweis, weil sie sich weder in ihrer Dichte vom Normalparenchym unterschied noch ihr Durchmesser von 2 cm eine Organvergrößerung bewirkte.

Primärtumoren

Es metastasierten in das Pankreas (fehlende Häufigkeitsangabe bedeutet singuläres Vorkommen):

Magenkarzinom	3
Magenleiomyosarkom	
Primäres Leberzellkarzinom	2
Hypernephrom	
Mammakarzinom	
Sigmakarzinom	
Undifferenziertes Sarkom	2
Morbus Hodgkin	
Morbus Brill-Symmers	

Computertomographische Diagnosen

Sie lauten im einzelnen:

Nicht abgrenzbares Tumorkonglomerat in der Pankreasloge	5
Von Tumormassen nicht abgrenzbarer Pankreaskopf	2
Pankreasneoplasma	5
Normalbefund	1

Wie die ersten beiden Diagnosegruppen nahelegen, ist bei diesem Kollektiv der neoplastische Prozeß weit fortgeschritten.

Bei der Diagnose "Pankreasneoplasma" war allein der computertomographische Befund relevant und nicht weitergehende Informationen von klinischer oder operativer Seite.

4.8 Die akute Pankreatitis

4.8.1 Diagnosekriterien

Das Ausmaß einer akuten entzündlichen Veränderung des Pankreas ist sehr unterschiedlich und entscheidet über das therapeutische Vorgehen, insbesondere über die Frage, ob und wann die chirurgische Behandlung der Entzündung und ihrer Folgen indiziert ist.

Es ist daher sinnvoll, die akute Pankreatitis in Stadien einzuteilen, die so weit als möglich mit dem Grad der morphologischen Veränderung übereinstimmen sollten.

KÜMMERLE (45) unterteilt in drei Schweregrade:

- | | |
|-------------|---|
| Stadium I | Ödematöse Pankreatitis: auf das Organ beschränkt, ödematöse Auflockerung des Drüseninterstitiums, keine OP-Indikation |
| Stadium II | Teilnekrotisierende Pankreatitis mit tryptischen Exsudatansammlungen im Pararenalraum und der Bursa omentalis, Indikation zur verzögerten OP |
| Stadium III | Totalnekrose des Pankreas, "Pankreasapoplex", Funktionsverlust des Organs, weiträumige Exsudation, Schocksymptomatik, akutes Nierenversagen, Indikation zur Frühoperation |

Die CT-Kriterien dieser Stadien (2,7,15,44,46,73) sind:

Stadium I:

- Lokale oder diffuse Vergrößerung
- Konturunschärfe oder Doppelkontur, hervorgerufen durch einen ödematösen Randsaum
- homogene, meist herabgesetzte Dichte infolge des interstitiellen Ödems

Nach Kontrastmittelgabe im Bolus kommt es zu einer raschen homogenen Dichtezunahme des gesamten Organs (8,57), ein Befund, der die einwandfreie Parenchymperfusion in diesem Stadium unterstreicht. Der ödematöse Randsaum wird als schmaler minderdichter Streifen, der die gesamte Zirkumferenz umgibt, abgrenzbar.

Komplikationen sind die Ausbildung intrapankreatischer Nekrosen mit konsekutiver Pseudozystenbildung und möglicher Einblutung. Sie werden durch die Dichtemessung erfaßt.

Computertomographisch faßbare morphologische Veränderungen können in diesem Stadium fehlen (59).

Stadium II:

- deutliche Vergrößerung des Organs
- ausgeprägte Konturunschärfe
- fleckige Dichteänderungen als Ausdruck (hamorrhagischer) Nekrosen und Sekretansammlungen
- Exsudatbildung

Nach Bolusinjektion steigen die Dichtewerte der nicht betroffenen Organbezirke an, da sie noch perfundiert werden und somit das Kontrastmittel aufnehmen können. Nekrosen, Sekret und Exsudatmassen behalten ihre ursprünglichen Dichtewerte (8,57).

Gleiches Kontrastmittelverhalten zeigen umschriebene Pankreasabszesse.

Aufgrund der operativen Konsequenzen besteht in Stadium II und III eine klassische Indikation zur Computertomographie, da sie wie keine andere Methode das Ausmaß des Parenchymuntergangs und der Exsudatbildung dokumentiert. Die Operationsstrategie läßt sich so präoperativ festlegen.

Stadium III:

- ausgeprägte Exsudatbildung, die zusätzlich in Richtung Colon transversum, Mesenterium und entlang des Colon ascendens oder descendens bis hinein in das kleine Becken auftreten kann (Abb. 29)
- stark reduzierte Organperfusion

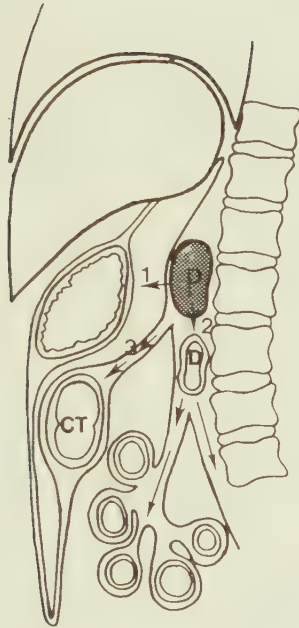


Abbildung 29: Ausbreitungswege der Nekrosestraßen bei schwerer akuter Pankreatitis entlang vorgegebener anatomischer Strukturen

P = Pankreas

D = Duodenum

CT = Colon transversum

1 = Bursa omentalis

2 = Mesenterium und Retroperitoneum

3 = Mesocolon transversum

Aus: U. Mödder (57)

4.8.2 Ergebnisse

Folgende CT-Diagnosen werden bei diesen 28 Patienten mit akuter Pankreatitis gestellt:

- Akute Pankreatitis Stadium I	8
- Akute Pankreatitis Stadium II	5
- Akute Pankreatitis Stadium III	4
- Pankreatitis	1
- Chronische Pankreatitis	2
- Normalbefund	8

Korrekte Dignitätsaussage: 28 (100 %)

CT-Zeichen

Stadium I

Sie gehen aus Tabelle 6 hervor:

- Umschriebene Vergrößerung	5
- Diffuse Vergrößerung	1
- Konturunschärfe	5
- Kontursprung	1
- <u>Homogene Dichteminderung</u>	5
- Nekrosen	2
- Gangerweiterung biliär und pankreatisch	1
- Gangerweiterung biliär und Gallenblasenhydrops	1

Tabelle 6: CT-Zeichen der akuten Pankreatitis, Stadium I (n = 8)

Von den häufigen Zeichen dieser Krankheit: umschriebene Vergrößerung, Konturunschärfe und homogene Dichteminderung ist besonders das letztere hervorzuheben, da es nur in Stadium I zu finden ist und so die differentialdiagnostische Abgrenzung dieses Stadiums erlaubt.

Die Ursache für die bei einem Patienten beobachtete biliäre und pankreatische Gangerweiterung konnte nicht gefunden werden.

Die biliäre Gangerweiterung im Zusammenhang mit dem Gallenblasenhydrops jedoch hatte ihren Grund in einem computertomographisch gesehenen und operativ gesicherten Pigmentstein. Der Operateur bezeichnete ihn als haselnußgroß.

Bei 3 Patienten half die intravenöse Kontrastmittelapplikation bei der Diagnosefindung.

Stadium II

- Umschriebene Vergrößerung	2
- Diffuse Vergrößerung	2
- Konturunschärfe	4
- Konturunregelmäßigkeit	1
- <u>Fleckige Dichteänderung</u>	4
- <u>Exsudation in die Bursa omentalis</u>	4
- Exsudation in den vorderen Pararenalraum	3
- Pseudozystenbildung	2
- Verdickung der Fascia gerota	2
- Nekrosen	1
- Gallenblasenhydrops	1

Tabelle 7: CT-Zeichen der akuten Pankreatitis, Stadium II (n = 5)

4 Patienten wurden operiert. Bei 3 Untersuchungen wurde intravenös Kontrastmittel verabreicht.

Stadium III

- Diffuse Vergrößerung	3
- Umschriebene Vergrößerung	1
- Konturunschärfe	3
- Konturunregelmäßigkeit	2
- <u>Exsudation in die Bursa omentalis</u>	4
- <u>Exsudation in den vorderen Pararenalraum</u>	3
- Exsudation in den hinteren Pararenalraum	2
- Nekrosestraße ins kleine Becken	1
- <u>Fleckige Dichteänderung</u>	4
- Nekrosen	4
- Verdickte Fascia gerota	1

Tabelle 8: CT-Zeichen der akuten Pankreatitis, Stadium III (n = 4)

Als eindeutige Zeichen dieses Stadiums (wie auch des Stadiums II) der akuten Pankreatitis erweisen sich die fleckige Dichteänderung und die Exsudatbildung.

Bei allen 4 Untersuchungen war gesundes Parenchym kaum noch vorhanden, Exsudat und Nekrosemassen bestimmten das Bild (Abb. 30, 31 und 32).

3 Patienten wurden operiert, der 4. starb während intensivmedizinischer Maßnahmen.

Die Bolusinjektion kam zweimal zum Einsatz, bei den anderen beiden Untersuchungen war sie aufgrund des stark reduzierten Allgemeinzustandes der Patienten nicht möglich.

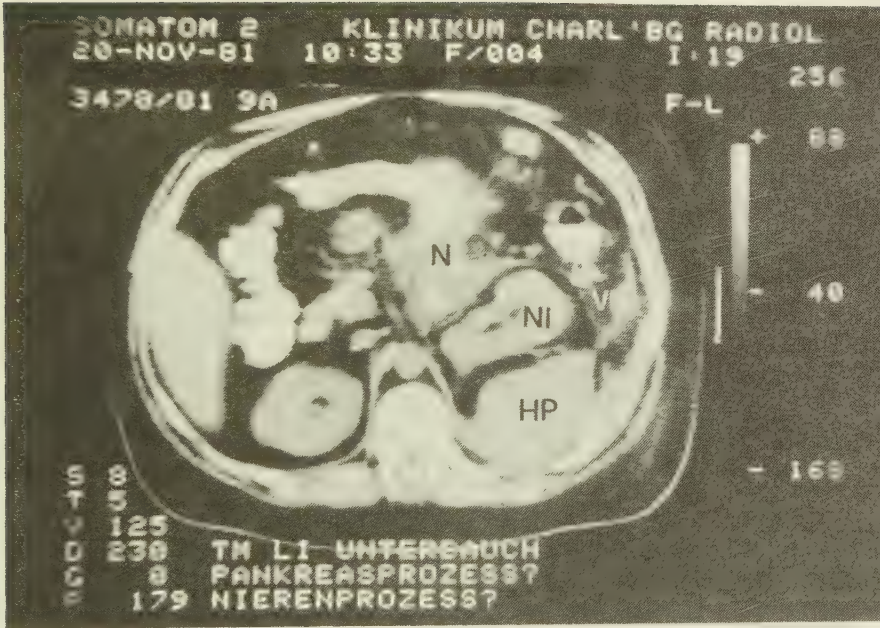


Abbildung 30: Akute Pankreatitis, Stadium III

N = Nekrosemassen im Bereich des Pankreas und der Bursa omentalis

VP = Nekrosemassen im Bereich des vorderen Pararenalraums

HP = Nekrosemassen im Bereich des hinteren Pararenalraums

⏏ = Verdickung der Fascia gerota

NL = Verdrängung der linken Niere nach ventral

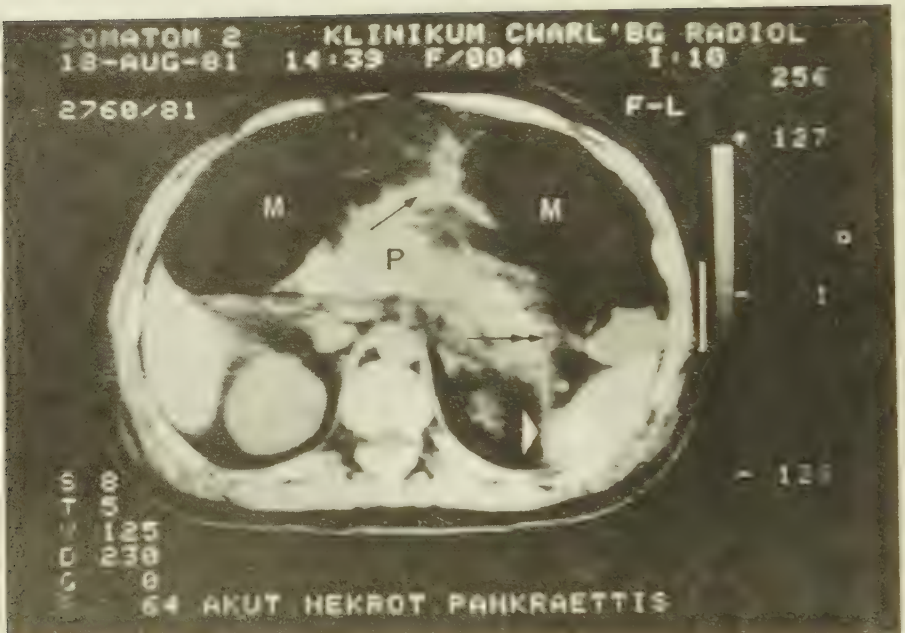


Abbildung 31: Akute Pankreatitis, Stadium III

P = Diffuse Vergrößerung des Organs mit Konturunschärfe
und massiver Infiltration der Bursa omentalis (→) und
des vorderen Pararenalraums (→→)

▷ = Andauung der linken Nierenfettkapsel

M = Meteorismus bei paralytischem Ileus

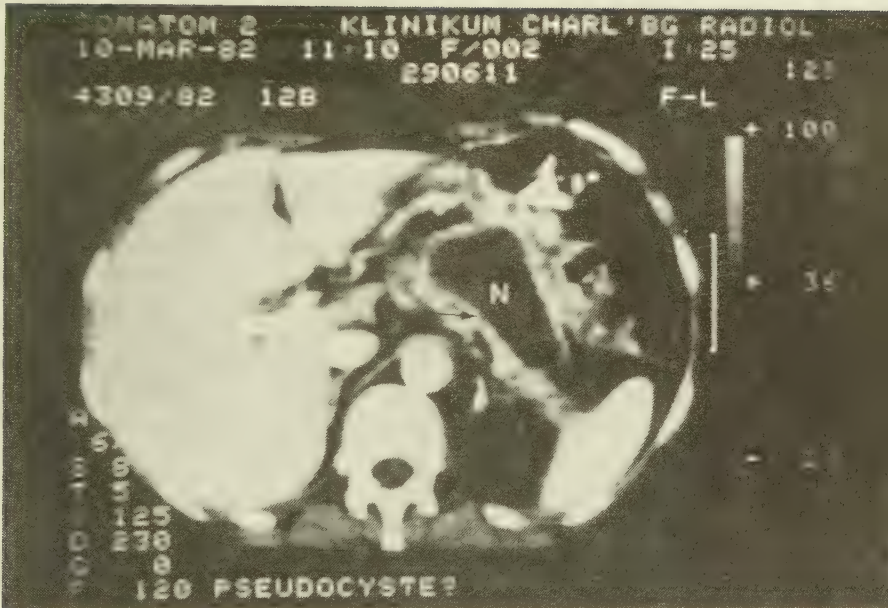


Abbildung 32: Akute Pankreatitis, Stadium III

N = riesige Nekrosehöhle

→ = nur nach Angio-CT erkennbarer Pankreasparenchym-
saum als Organrest

▷ = Infiltration der Bursa omentalis

Das CT im Vergleich zum Operationssitus bzw. Sektionsbefund

Von den 17 operativ oder autoptisch gesicherten Diagnosen mit akuter Pankreatitis lagen schriftliche Befunde vor, die mit den computertomographisch erhobenen verglichen wurden.

Folgende pathologische Veränderungen können im CT nicht nachvollzogen werden:

- | | |
|-----------------------|---|
| - Abszeßbildung | 4 |
| - Nekrotische Bezirke | 1 |

Die Abszesse konnten im Computertomogramm nicht diagnostiziert werden, weil sich ihre Dichtewerte nicht von denen nekrotischen Materials unterschieden. Auch waren Lufteinschlüsse, die Hinweise auf einen Abszeß geben können, nicht nachweisbar.

4.9 Die chronische Pankreatitis

4.9.1 Diagnosekriterien

Als CT-Zeichen der chronischen Pankreatitis werden angegeben (2,7,14,15, 44,46,73):

- Sowohl die Vergrößerung als auch die - etwa gleich häufige - Verkleinerung des Organs. Die Vergrößerung kann diffus oder lokal sein, die Verkleinerung betrifft das ganze Organ.
- Konturunregelmäßigkeit. Normalkonturierungen werden auch - seltener - beschrieben
- Verkalkungen
- Pseudozysten

Seltener angegebene Kriterien:

- Pankreolithiasis: Sie soll pathognomonisch für die alkoholinduzierte Form sein (74)
- Gangerweiterung
- Fettige Degeneration
- Reduktion peripankreatischen Fetts

Das Parenchym kann sowohl homogen als auch inhomogen sein.

Nach Bolusinjektion kommt es häufig zu einer gegenüber dem normalen Pankreasparenchym reduzierten maximalen Dichteanhebung (8), die zudem verzögert eintritt (Abb. 33).

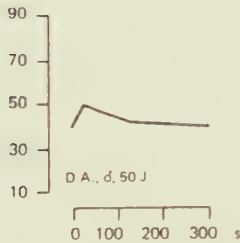


Abbildung 33: Zeit-Dichte-Diagramm bei chronischer Pankreatitis nach intravenöser Kontrastmittelgabe im Bolus

Aus: C. Claussen (8)

4.9.2 Ergebnisse

Folgende CT-Diagnosen wurden gestellt (n = 57):

- Chronische Pankreatitis	32
- Akute Pankreatitis	1
- Pankreatitis	1
- Bei Klinik: chron. Pankreatitis	3
- Pankreatitis DD Neoplasma	8
- Normalbefund	12

CT-Zeichen

Die beobachteten CT-Zeichen der chronischen Pankreatitis und ihre prozentualen Häufigkeiten gehen aus Abbildung 34 und Tabelle 4 des Anhangs hervor.

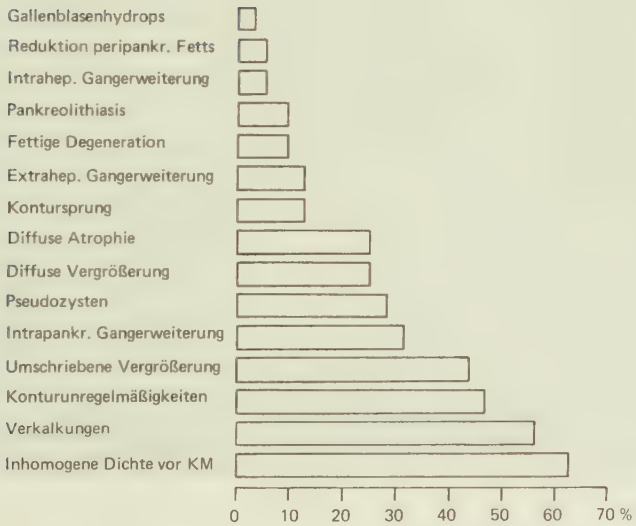


Abbildung 34: CT-Zeichen bei chronischer Pankreatitis und ihre prozentualen Häufigkeiten (100 % = 32)

Das Parenchym war zu fast 2/3 inhomogen, in gut 1/3 homogen. Die häufigste Form der Größenänderung war die umschriebene Vergrößerung. Zu etwa gleichen Teilen, jedoch insgesamt seltener, war das Organ diffus vergrößert oder atrophisch (Abb. 35 und 36).

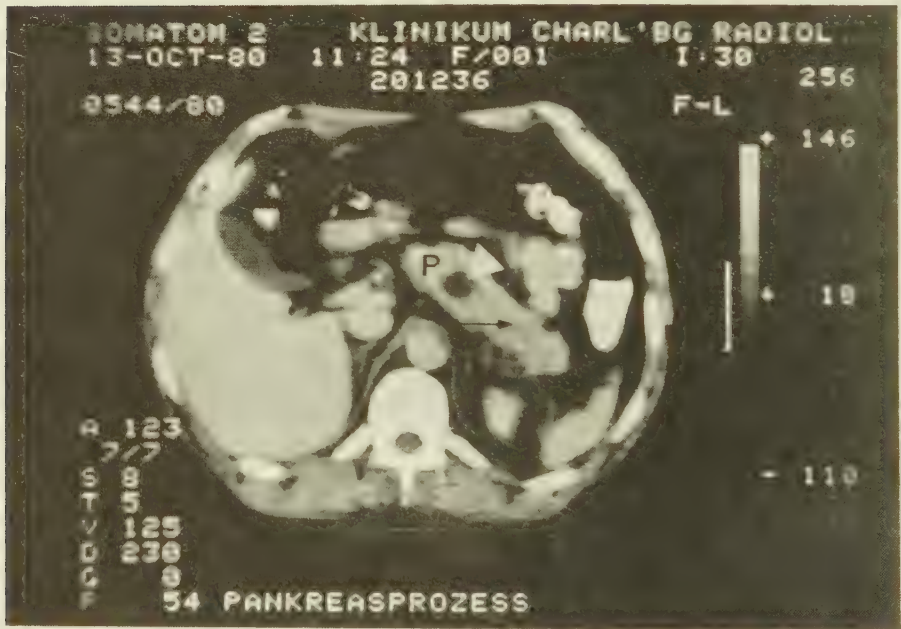


Abbildung 35: Chronische Pankreatitis

P = diffus vergrößertes Organ

▷ = Pankreaspseudozyste

↔ = Ductus pancreaticus

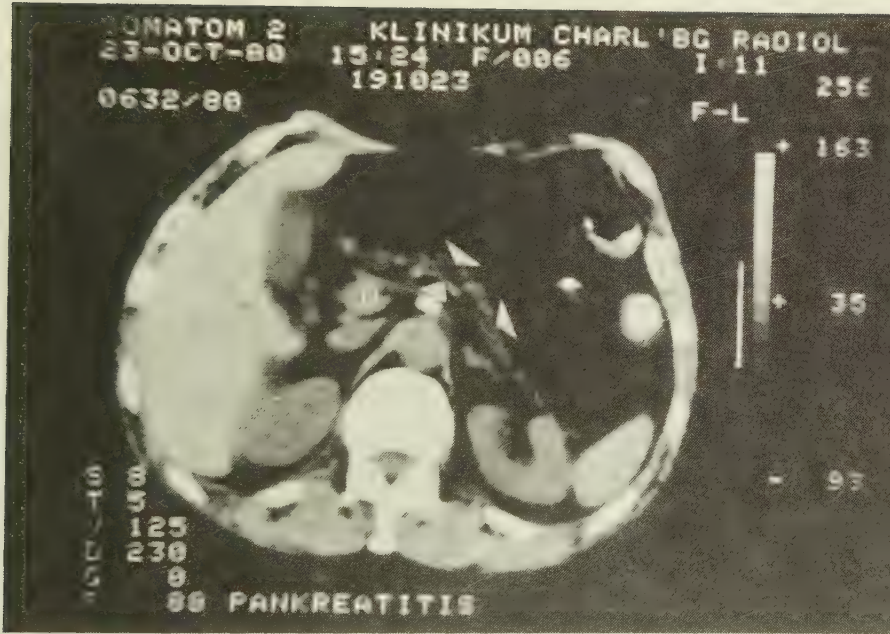


Abbildung 36: Chronische Pankreatitis

▷ = diffuse Atrophie des Organs bei fettiger Degeneration

D = Duodenum

↵ = V. lienalis

Die Zeichen der parenchymatösen Verödung der Bauchspeicheldrüse:
Atrophie und fettige Degeneration, lagen fast ausschließlich bei Patienten
mit klinisch gesicherter Diagnose vor (siehe auch Tabelle 4 des Anhangs).

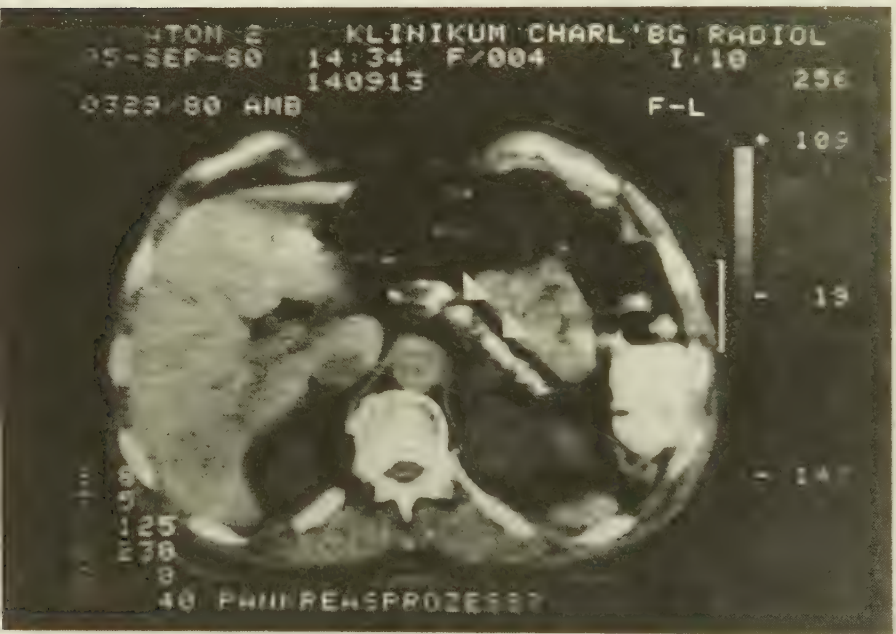


Abbildung 37: Chronische Pankreatitis

▷ = massiv verkalktes Pankreas bei geringer Atrophie

Serien-CT

Die Bolusinjektion ergab bei 9maliger Anwendung folgendes Kontrastmittelverhalten:

- Homogene herabgesetzte Kontrastierung	3
- Homogene Kontrastierung	3
- Inhomogene Kontrastierung	3

Nur bei Patienten mit chronischer Pankreatitis, bei 9,4 % = 3 Patienten, wurden Pankreasgangsteine gesehen.

Organatrophie und exkretorische Pankreasinsuffizienz stehen in Zusammenhang:

- Exkretorische Insuffizienz bei Atrophie	62,5 %
- Exkretorische Insuffizienz bei Nichtatrophie	12,5 %

Das CT im Vergleich zum Operationssitus

Die im Operationssitus gesehenen, im Tomogramm jedoch nicht nachvollziehbaren pathomorphologischen Veränderungen bei 17 operierten Patienten gehen aus Tabelle 9 hervor.

- Nekrosehöhle	2
- Auf 1,5 cm erweiterter Ductus choledochus	
- Gallenblasenhydrops	
- 1,5 cm weite Fistel zwischen Pankreasschwanz und Querkolon	

Tabelle 9: Pathologische Veränderungen, die bei der chronischen Pankreatitis intraoperativ festgestellt wurden, computertomographisch jedoch nicht nachvollziehbar sind (n = 17; fehlende Zahlenangabe bedeutet singuläres Vorkommen)

4.9.3 Der akute Schub der chronischen Pankreatitis

18 Patienten gehören diesem Kollektiv an. Ihre CT-Diagnosen lauten:

- Akuter Schub einer chronischen Pankreatitis	4
- Akute Pankreatitis	1
- Chronische Pankreatitis	3
- Bei Klinik: chronische Pankreatitis	2
- Pankreatitis DD Neoplasma	1
- Normalbefund	7

Korrekte Dignitätsaussage: 17 = 94,4 %

Die CT-Diagnose: akuter Schub einer chronischen Pankreatitis wurde gestellt, wenn Zeichen sowohl der akuten als auch der chronischen Entzündung ausgebildet waren.

CT-Zeichen

Sie gehen aus Tabelle 10 hervor.

- Umschriebene Vergrößerung	2
- Diffuse Vergrößerung	1
- Konturunregelmäßigkeit	3
- Konturunschärfe	3
- Kontursprung	1
- Inhomogene Dichte	3
- Homogene Dichte	1
- Verkalkungen	3
- Nekrosen	2
- Pseudozysten	1

Tabelle 10: CT-Zeichen des akuten Schubes der chronischen Pankreatitis
(n = 4)

Die Bolusinjektion trug bei 3 Untersuchungen zur Diagnose bei.

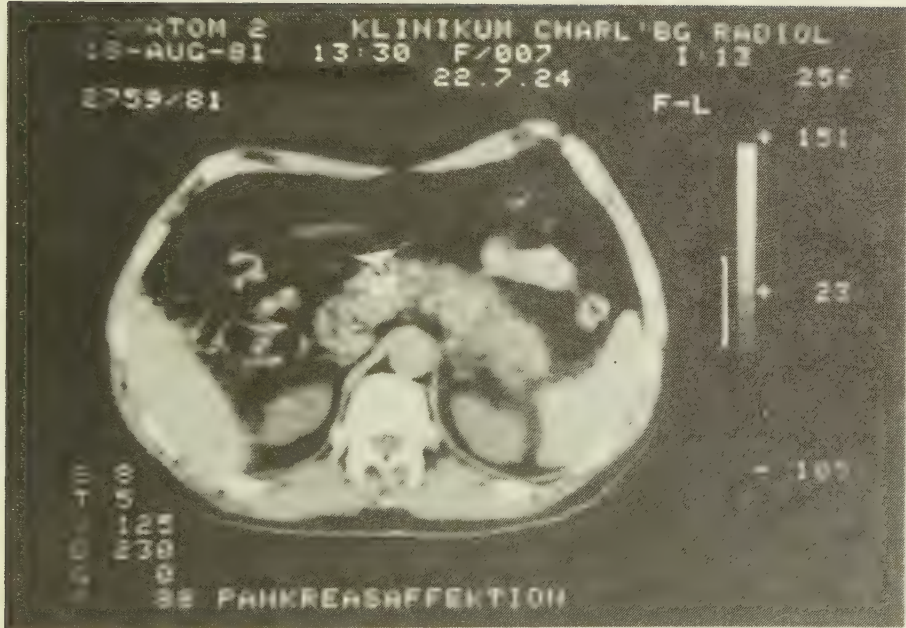


Abbildung 38: Akuter Schub einer chronischen Pankreatitis

P = diffus vergrößertes Pankreas mit Konturunschärfe und Dichteinhomogenität

▷ = Verkalkungen

4.10 Ergebnisse zur Differentialdiagnose zwischen Pankreasneoplasma und chronischer Pankreatitis

Schon SHEEDY weist 1977 auf die Schwierigkeit hin, computertomographisch ein Pankreasneoplasma von einer chronischen Pankreatitis zu unterscheiden (58). Die Ursache für dieses Problem ist in der Tatsache zu sehen, daß eine Reihe von CT-Zeichen sowohl beim Malignom als auch bei der Entzündung ausgebildet sind.

Um den differentialdiagnostischen Stellenwert dieser CT-Zeichen zu ermitteln, werden die Zeichen, die gemeinsam bei der chronischen Pankreatitis und beim Neoplasma vorkommen, in bezug auf die prozentuale Häufigkeit ihres jeweiligen Auftretens verglichen (Abb. 39). Nicht aufgenommen sind die Zeichen, die eindeutig auf einen malignen Prozeß hinweisen und damit keine differentialdiagnostischen Schwierigkeiten bereiten: Leber- und Lymphknotenmetastasen, Infiltration anderer Organe.

Deutlichen differentialdiagnostischen Stellenwert haben aufgrund der größten Häufigkeitsunterschiede zum einen der Kontursprung und die umschriebene Vergrößerung (häufiger beim Neoplasma), zum anderen Verkalkungen und eine Konturunregelmäßigkeit (häufiger bei der chronischen Pankreatitis).

Auch weisen die Erweiterung der Gallengänge und eine Vergrößerung der Gallenblase mehr auf einen malignen Prozeß hin, wohingegen die Erweiterung des Pankreasganges eher für eine chronische Pankreatitis spricht (Abb. 40 und 41).

Häufigkeit bei Pankreasneoplasmen und chronischer Pankreatitis

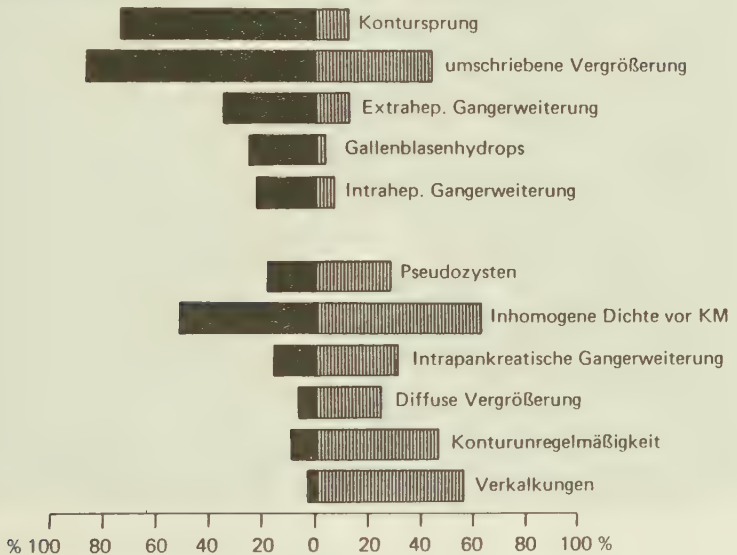


Abbildung 39: Differentialdiagnostische Einordnung der CT-Zeichen, die sowohl beim Pankreasneoplasma als auch bei der chronischen Pankreatitis ausgebildet sind.

Oberer Teil des Doppelbalkendiagramms: Zeichen, die häufiger beim Neoplasma vorkommen. Die Häufigkeitsunterschiede sind beim obersten Zeichen am größten.

Unterer Teil des Diagramms: Zeichen, die häufiger bei der chronischen Pankreatitis vorkommen. Die Häufigkeitsunterschiede sind beim untersten Zeichen am größten.

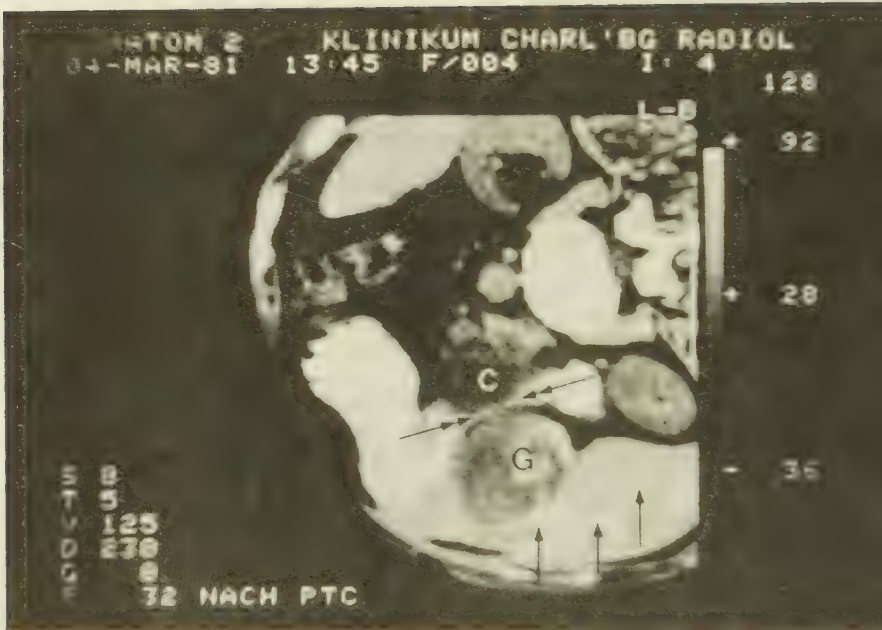


Abbildung 40: Pankreasneoplasma (histologisch: Zystadenokarzinom)

- = Erweiterung der intrahepatischen Gallengänge (nach PTC)
- G = vergrößerte Gallenblase
- C = Cyste im polypös vergrößerten Pankreaskopf
- > = fadenförmige Stenosierung des kontrastmittelgefüllten Duodenums

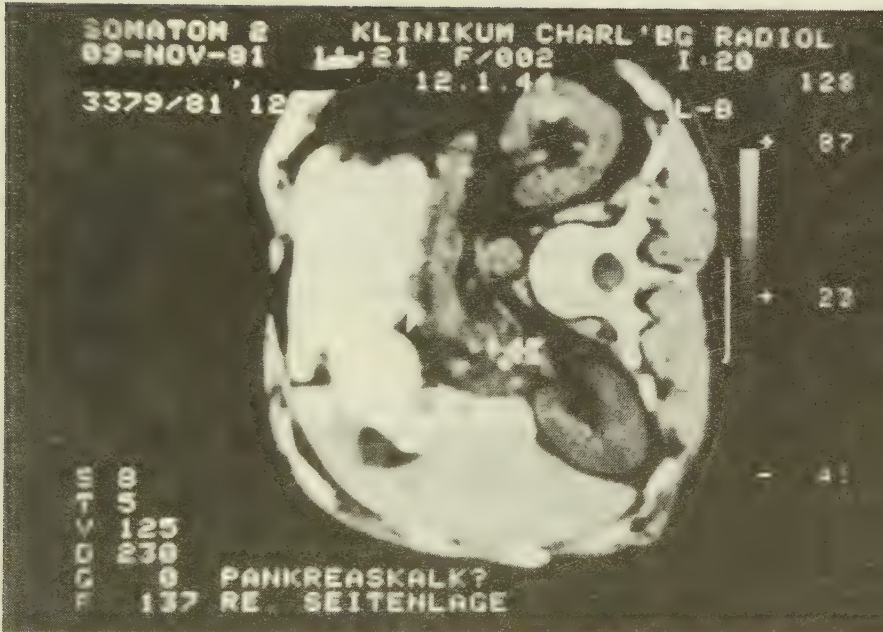


Abbildung 41: Chronische Pankreatitis

▷ = erweiterter Ductus pancreaticus

☞ = Pankreolithiasis bei vergrößertem Pankreaskopf

4.11 Ergebnis bei einem Patienten mit verändertem Pankreasgang

Ein Patient hat die operativ gesicherte Diagnose:

- gutartige Ganghyperplasie des Pankreaskopfes

Das Computertomogramm bildet ein gesundes Organ ab und unauffällige Nachbarstrukturen.

Der Operateur sah eine bohnen große Auftreibung an der Dorsalseite des Pankreaskopfes, deren histologische Untersuchung eine adenomatos-zystische Ganghyperplasie ergab. Sie wurde als Fehlbildung gedeutet.

Die Größe des Prozesses liegt an der Nachweisbarkeitsgrenze der Methode.

4.12 Ergebnisse bei Patienten mit der Verdachtsdiagnose: Pankreaserkrankung

9mal konnte als Enddiagnose lediglich der Verdacht auf eine - gutartige - Affektion der Bauchspeicheldrüse ausgesprochen werden. Die CT-Diagnosen lauteten:

- Normalbefund	5
- Pankreatitis DD Neoplasma	4

4.13 Ergebnisse bei Patienten ohne Pankreaserkrankung

Die 57 zu diesem Kollektiv zählenden Patienten hatten teils eine andere Erkrankung (Gruppe 2, n = 45), teils sind sie organisch gesund (Gruppe 3, n = 12).

Der Verdacht auf eine Pankreas- oder Oberbauchaffektion ließ die Computertomographie indiziert erscheinen.

An CT-Diagnosen werden gestellt:

- Normalbefund	47
- Diskrete Veränderungen	8
- Chronische Pankreatitis	2

Bei 10 der 57 Untersuchungen zeigt das CT ein vom Normalbefund abweichendes Bild.

Die zweimalige CT-Diagnose "chronische Pankreatitis" ist für die Spezifität von 96,5 % verantwortlich.

8 Computertomogramme wiesen zu diskrete Veränderungen auf (1,1 Zeichen pro Untersuchung), um computertomographisch von einer Pankreaserkrankung sprechen zu können. Die bei diesen Untersuchungen beobachteten CT-Zeichen waren:

- Diskrete Vergrößerung	4
- Diskrete Verkleinerung	2
- Dichteinhomogenität	1
- Geringer Kontursprung	1
- Diskrete Verkalkungen	1

4.14 Die Computertomographie im Vergleich zu anderen radiologischen Methoden

Bei der Datenerfassung wurden alle Befunde, die zur Enddiagnose beitrugen, in die Materialsammlung einbezogen. Diese Vorgehensweise ermöglicht, den diagnostischen Wert der Computertomographie mit dem anderer radiologischer Methoden zu vergleichen.

4.14.1 Die hypotone Duodenographie im Vergleich zur CT

Bei 45 Patienten wurde parallel zur CT eine Duodenographie durchgeführt.

Die röntgenologische Darstellung des Zwölffingerdarms erfolgte als sondenlose Duodenographie in Hypotonie und Doppelkontrast.

Die Auswertung der duodenographischen Untersuchungen, die ohne Kenntnis des CT-Befundes vorgenommen wurde, richtet sich nach den von NOWAK (62) beschriebenen Befundkriterien:

- Impression/Pelottierung der Duodenalwand
- Einengung des Duodenallumens
- Innenreliefveränderungen
- Füllungsdefekte

Ergebnisse zum diagnostischen Wert

Da die hypotone Duodenographie (HD) eine sichere Differenzierung zwischen entzündlichen und neoplastischen Prozessen nicht zulaßt (62,71), wird von einer Dignitätsbewertung der pathologischen Befunde abgesehen. Aus diesem Grund sind nur Aussagen zur Sensitivität I und zur Spezifität möglich (zur Definition dieser Größen siehe Kap. 4.5).

Sensitivität I (HD - CT)

Enddiagnose der pankreas- untersuchten Patienten	HD-Diagnose richtig-pos.	CT-Diagnose richtig-pos.	Sens.I HD	Sens.II CT
Malignes Wachstum n=14	10	14	71,4%	100 %
Entzündungen n=22	12	14	54,5%	63,3 %
36	22	28	61,1%	77,8 %

Das Kollektiv "malignes Wachstum" setzt sich hier ausschließlich aus Patienten mit der Enddiagnose "maligne Tumoren" zusammen, das Kollektiv "Entzündungen" ausschließlich aus Patienten mit der Enddiagnose "chronische Pankreatitis".

Spezifität (HD-CT)

Anzahl der Normalbefunde	HD-Diagnose richtig-neg.	CT-Diagnose richtig-neg.	Spezifität HD	Spezifität CT
9	9	9	100 %	100 %

Das Pankreasneoplasma

Die Diagnose "Pankreasneoplasma" kann durch die hypotone Duodenographie in 10 von 14 Untersuchungen durch die Zeichen der tumorösen Raumforderung und/oder der Wandinfiltration gestellt werden. Die Computertomographie führt bei allen Patienten zu einem pathologischen Befund.

Bei der HD hängt die Diagnostizierbarkeit stark von der Tumorlokalisation ab (Tab. 11).

Tumorlokalisation	n	HD pathologischer Befund	CT pathologischer Befund
Papilla Vateri	4	4	4
Caput pancreatis	5	5	5
Corpus pancreatis *	3	1	3
Cauda pancreatis	2	0	2

Tabelle 11: Vergleich der duodenographischen mit den computertomographischen Befunden bei Pankreas malignomen in Abhängigkeit von der Tumorlokalisation

* größte Tumorausdehnung im Pankreaskorpus

Tabelle 11 demonstriert die hohe Sensitivität der hypotonen Duodenographie für Pankreaskopfprozesse (76). Bei allen Papillen- und Kopfneoplasmen waren die Zeichen der tumorösen Raumforderung und/oder der Wandinfiltration ausgebildet (Abb. 42 A und B, Abb. 43 A und B).

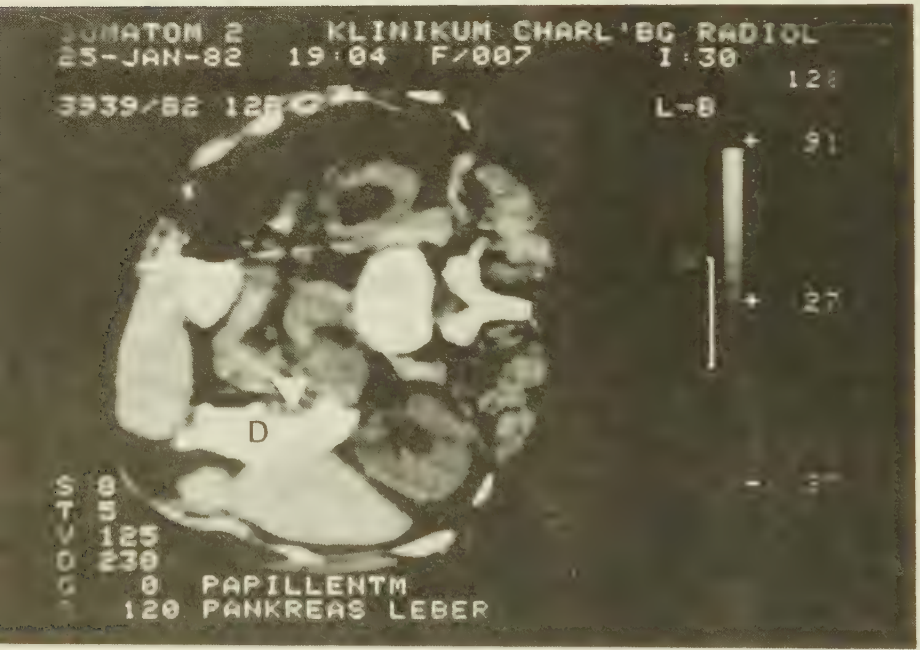


Abbildung 42 A: Papillenkarcinom im Computertomogramm

- P = unauffälliges Pankreas
- ▷ = knopfförmige Impression des Duodenums mit den Zeichen der Infiltration
- D = kontrastmittelgefülltes Duodenum



Abbildung 42 B: Papillenkarzinom im hypotonen Duodenogramm

▷ = glatt begrenzte Kontrastmittelaussparung im Bereich der Papilla Vateri im Sinne einer papillären Raumforderung

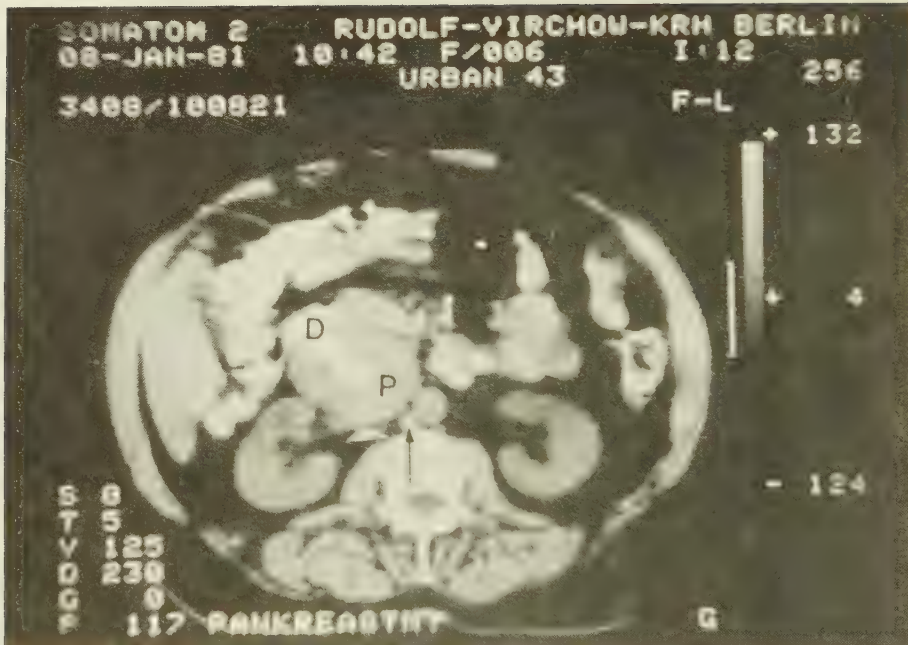


Abbildung 43 A: Pankreaskopfneoplasma im Computertomogramm

- P = Pankreaskopftumor, der das Duodenum zirkulär umwächst und die V. cava (▷) infiltriert
- D = kontrastmittelgefülltes Duodenum
- = paraaortal vergrößerte Lymphknoten

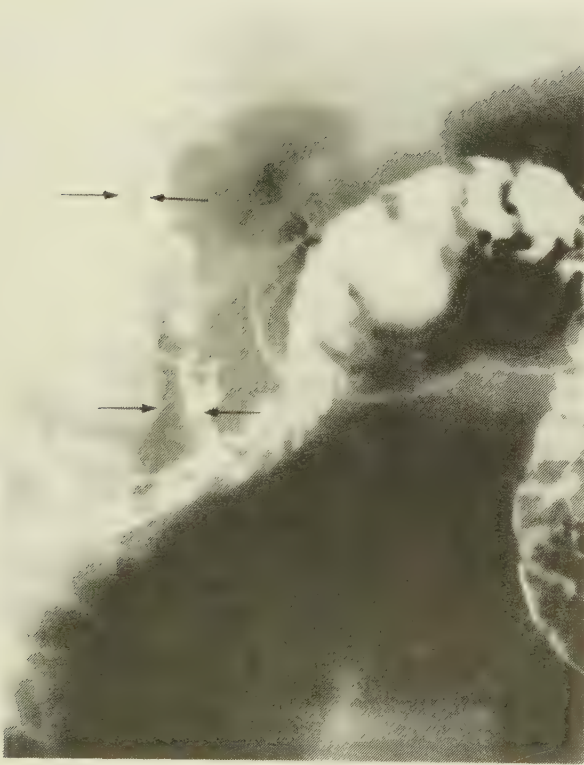


Abbildung 43 B: Pankreaskopfneoplasma im hypotonen Duodenogramm

→ = langstreckige Stenose der Pars descendens duodeni
mit hochgradiger Zerstörung des Schleimhautfaltenreliefs

Überlegen zeigt sich die hypotone Duodenographie im Nachweis der Duodenalinfiltration (76). Sie gelingt bei 6 von 10 Untersuchungen, während die CT diese nur bei 3 Patienten erkennt.

Malignome von Pankreaskorpus und -kauda sind in der Regel nur durch die computertomographische Untersuchung erfaßbar.

Der Stellenwert der HD wird jedoch gemindert, da die bei Pankreastumoren zu beobachtenden Veränderungen der Duodenalwand für maligne Prozesse nicht pathognomonisch sind. Die Röntgenzeichen sind in seltenen Fällen auch mit einer chronischen Pankreatitis vereinbar.

Die chronische Pankreatitis

Von den 22 Patienten mit chronischer Pankreatitis zeigte die HD 12mal, die CT 14mal einen pathologischen Befund. Eine Übereinstimmung zwischen beiden Methoden ist bei 9 Patienten gegeben.

Beim Nachweis von Verkalkungen zeigt sich die Computertomographie überlegen. Von den 4 computertomographisch erkannten können von der HD nur 2 erfaßt werden.

Wertung

Die hypotone Duodenographie ist der Computertomographie in der Darstellung duodenalwandnaher oder von ihr ausgehender Prozesse gleichwertig, wobei jedoch der Nachweis eines pathologischen Befundes noch keine definitive Diagnose bedeutet. Bei dieser Lokalisation ist ihr Einsatz als Basisuntersuchung gerechtfertigt.

Besteht jedoch der klinisch begründete Verdacht auf ein Pankreasneoplasma, erscheint der primäre Einsatz der Computertomographie wegen der größeren diagnostischen Breite (Aussagemöglichkeiten zur Dignität und zur Operabilität) angemessen.

4.14.2 Die Sonographie im Vergleich zur CT

Bei 119 Patienten wurde vor der Computertomographie eine Sonographie (US) veranlaßt.

Die Ultraschalluntersuchungen wurden von wechselnden Personen mit unterschiedlicher Erfahrung in dieser Methode durchgeführt. Sowohl Real-Time- als auch Compoundgeräte kamen zum Einsatz. Da die Sonogramme nicht dokumentiert sind, ist eine Nachbefundung nicht möglich gewesen.

Ergebnisse zum diagnostischen Wert

Die Definition der Parameter und der Kollektive entspricht der in Kapitel 4.5 vorgenommenen.

Treffsicherheit (US - CT)

Enddiagnose der pankreas- untersuchten Patienten		US-Diagnose richtig	CT-Diagnose richtig
Malignes Wachstum	n = 28	14	26
Entzündungen	n = 69	23	44
Normalbefunde	n = 22	18	20

$$\text{Treffsicherheit der Sonographie} = \frac{55}{119} = \underline{46,2 \%}$$

$$\text{Treffsicherheit der Computertomographie} = \frac{90}{119} = \underline{75,6 \%}$$

Sensitivität I (US - CT)

Enddiagnose der pankreas- untersuchten Patienten	US-Diagnose richtig-pos.	CT-Diagnose richtig-pos.	Sens. I US	Sens. I CT
Malignes Wachstum n=28	27	27	96,4%	96,4%
Entzündungen n=69	45	49	65,2%	71,0%
97	72	76	<u>74,2%</u>	<u>78,4%</u>

Sensitivität II (US - CT)

Enddiagnose der pankreas- untersuchten Patienten	US-Diagnose richtig-pos.	CT-Diagnose richtig-pos.	Sens. II US	Sens. II CT
Malignes Wachstum n=28	14	27	50,0%	96,4%
Entzündungen n=69	23	40	33,3%	58,0%
97	37	67	<u>38,1%</u>	<u>69,1%</u>

Spezifität (US - CT)

Anzahl der Normalbefunde	US-Diagnose richtig-neg.	CT-Diagnose richtig-neg.	Spezifität US	Spezifität CT
22	18	21	<u>81,8 %</u>	<u>95,5 %</u>

Wertung

Die Ergebnisse zeigen, daß die Sonographie in allen Parametern zur Erfassung des diagnostischen Wertes der Computertomographie unterlegen ist.

Die Zahlenunterschiede sind bei der Sensitivität II am größten, d.h. die Dignitätsbeurteilung eines pathologischen Prozesses ist mit dem Ultraschall außerordentlich schwierig.

Da jedoch ein pathologischer Prozeß mit recht hoher Genauigkeit erkannt werden kann (Sensitivität I = 74,2 %) und die Methode keinerlei Strahlenbelastung verursacht, ist die Sonographie zur Vorfelddiagnostik, nicht zuletzt wegen ihres geringeren Kostenaufwandes, geeignet.

4.14.3 Die ERCP im Vergleich zur CT

Bei 40 Patienten wurden sowohl eine ERCP als auch eine Computertomographie durchgeführt.

Die Auswertung der ERCP-Befunde erfolgte unabhängig von der Auswertung der CT-Bilder. Auch hier mußte auf eine Nachbefundung verzichtet werden.

Ergebnisse zum diagnostischen Wert

Bei der Definition der verwendeten Größen wird wiederum auf Kapitel 4.5 Bezug genommen.

Treffsicherheit (ERCP - CT)

Enddiagnose der pankreas- untersuchten Patienten		ERCP-Diagnose richtig	CT-Diagnose richtig
Malignes Wachstum	n = 11	7	10
Entzündungen	n = 23	8	15
Normalbefunde	n = 6	6	6
40		21	31

$$\text{Treffsicherheit der ERCP} = \frac{21}{40} = \underline{52,5 \%}$$

$$\text{Treffsicherheit der Computertomographie} = \frac{31}{40} = \underline{77,5 \%}$$

Sensitivität I (ERCP - CT)

Enddiagnose der pankreas- untersuchten Patienten	ERCP-Diagnose richtig-pos.	CT-Diagnose richtig-pos.	Sens. I ERCP	Sens. I CT
Malignes Wachstum n=11	11	10	100 %	90,9%
Entzündungen n=23	19	17	82,6%	73,9%
34	30	27	<u>88,2%</u>	<u>79,4%</u>

Sensitivität II (ERCP - CT)

Enddiagnose der pankreas- untersuchten Patienten	ERCP-Diagnose richtig-pos.	CT-Diagnose richtig-pos.	Sens. II ERCP	Sens. II CT
Malignes Wachstum n=11	7	10	63,6%	90,9%
Entzündungen n=23	8	14	34,8%	60,9%
34	15	24	<u>44,1%</u>	<u>70,6%</u>

Spezifität (ERCP - CT)

Anzahl der Normalbefunde	ERCP-Diagnose richtig-neg.	CT-Diagnose richtig-neg.	Spezifität ERCP	Spezifität CT
6	6	6	<u>100 %</u>	<u>100 %</u>

Wertung

Das herausragende Ergebnis ist die hohe Sensitivität I der Methode. Sie ist höher als die der Computertomographie. Falsch-negative Beurteilungen sind somit selten. Auch falsch-positive Ergebnisse fallen nicht ins Gewicht (Spezifität = 100 %).

Jedoch gestaltet sich die Bewertung der Dignität eines pathologischen Prozesses als schwierig (Sensitivität II = 44,1 %).

4.15 DISKUSSION

Erst seit wenigen Jahren befindet sich die Ganzkörpercomputertomographie im klinischen Einsatz. Sie waren von einer stetigen technischen Weiterentwicklung gekennzeichnet. So sind die stark technologieabhängigen Möglichkeiten der diagnostischen Nutzung bisher im Fluß geblieben.

Für die Untersuchungen im Abdominalbereich jedoch scheint die Geräteentwicklung zu einem gewissen Endpunkt gekommen zu sein. Die Aufnahmezeiten sind kurz genug, um eine ausreichende, diagnostisch verwertbare Bildqualität zu erhalten.

Ob in absehbarer Zeit neue bildgebende Verfahren, insbesondere die Kernspintomographie oder NMR-Tomographie, einen weiteren diagnostischen Fortschritt erlauben werden, kann zum jetzigen Zeitpunkt nicht eingeschätzt werden. Jedoch ist schon heute absehbar, daß aus physikalischen Notwendigkeiten ihre Aufnahmezeiten nicht unter 100 s liegen können (29,83,90).

Die im Rahmen dieser Studie gewonnenen Ergebnisse zur Darstellung des Pankreas (Darstellbarkeit: 99,5 %, Abgrenzbarkeit: 93,5 %) werden von anderen Autoren im wesentlichen bestätigt (10,17,26).

Im Vergleich zum Ultraschall erweist sich hier die Computertomographie als überlegene Methode, denn die sonographische Pankreasdarstellung wird durch Darmgasüberlagerungen und eine luftgefüllte Magenblase erschwert. Der Pankreasschwanz, der im Sonogramm oft schwer zu beurteilen ist, wird im Computertomogramm ohne Schwierigkeiten dargestellt (21).

Ein lobuliertes Pankreas wurde bei HAERTEL und KREEL in 20 % der Untersuchungen gefunden (30), in unserem Patientengut jedoch nur in 12,1 %.

Die Differenz dürfte ihren Grund darin haben, daß HAERTEL und KREEL ein pankreasgesundes Kollektiv untersuchten, wohingegen das Organ der in

dieser Arbeit erfaßten Patienten zum Teil so stark verändert ist, daß eine eventuell vorhanden gewesene Lobulierung nicht mehr erkannt werden konnte.

Als wichtige Hilfsmittel erweisen sich die orale Kontrastierung des Magen-Darm-Traktes und die Rechtsseitenlage. Sie waren bei fast 80 % bzw. 50 % der Untersuchungen erforderlich.

Da in 12,1 % die Abgrenzung des Pankreaskopfes nur in Rechtsseitenlage möglich war, empfiehlt sie sich als Methode der Wahl, wenn der Pankreaskopf in Rückenlage nicht vom Duodenum getrennt werden kann.

Es muß jedoch berücksichtigt werden, daß in der Seitenlage das Organ gestaucht und seine Konfiguration geändert wird. Dies machte sich durch eine Zunahme des a.-p.-Durchmessers um bis zu 8 mm bemerkbar. Zur Vergleichbarkeit sind Größenmessungen deshalb nur in Normallage durchzuführen.

Die in dieser Arbeit ermittelte computertomographische Treffsicherheit bei Pankreasuntersuchungen beträgt 77,9 %. Die Angaben anderer Autoren bewegen sich zwischen 69 % und 93 %. Unser Ergebnis liegt etwa in der Mitte und kann sich auf eine große Patientenzahl stützen.

Die von uns ermittelte Sensitivität I der Computertomographie bei Pankreaserkrankungen (80,3 %) ist vergleichsweise niedrig.

Als Ergebnis dieser Untersuchung sowohl zur Sensitivität I als auch zur Sensitivität II wird der Wert gewählt, der sich auf sämtliche pankreaskranke Patienten bezieht und nicht nur auf die, deren Enddiagnose operativ oder autoptisch gesichert ist. Jegliche Selektion des Patientengutes sollte also vermieden werden.

Schlüsselt man den Wert gemäß Kapitel 4.5 auf, stellt sich als Ursache die hohe Zahl der Normalbefund (27/103) im Kollektiv der Entzündungen heraus.

Normalbefunde werden, insbesondere bei der akuten Pankreatitis, von einigen Autoren beschrieben (2,44). In dem hier untersuchten Patientengut scheint die Zahl der Patienten, bei denen der entzündliche Prozeß noch keine Veränderungen an dem Organ hervorgerufen hat, größer zu sein als bei den Untersuchungen der zum Vergleich zitierten Autoren. Da bei ihnen diesbezügliche Angaben fehlen, ist dies schwer nachzuprüfen.

Nur SAGER erwähnt, daß in seinem Kollektiv der akuten Pankreatitiden nur solche mit hämorrhagisch-nekrotisierender Verlaufsform aufgenommen sind (73). Diese Selektion reduziert die Normalbefunde und verbessert damit die Sensitivität I.

Auch unsere Sensitivität II liegt niedriger (70,7 %) als bei anderen Autoren. Verantwortlich ist wiederum das Kollektiv der Entzündungen mit 41/103 falsch-negativen Diagnosen (Kap. 4.5).

Zu den falsch-negativen Normalbefunden (27/103) kommen die Untersuchungen, bei denen die Differentialdiagnose zum Neoplasma offenbleibt (9/103). Bei 7 dieser Patienten schloß der klinische Befund einen neoplastischen Prozeß aus. Deswegen konnte auf eine Serien-CT, die einen Beitrag zur Differentialdiagnose hätte leisten können, verzichtet werden.

Bei den verbleibenden falsch-negativen Befunden (5/103) sind die CT-Zeichen, die auf eine Entzündung hinweisen, diskret, so daß die Computertomographie allein keine Diagnose stellen kann. Unter Zuhilfenahme der Klinik wäre dies jedoch möglich gewesen.

Um die Auswirkung einer unterschiedlichen Diagnosesicherung auf die Ergebnisse zu beleuchten, wurde zum einen die Sensitivität I und die Sensitivität II aus dem Gesamtkollektiv der Pankreaserkrankten ermittelt, zum anderen nur aus dem Patientenkollektiv, dessen Enddiagnose operativ oder autopsisch gesichert ist.

Bei den 71 Patienten, deren Enddiagnosen operativ oder autopsisch gesichert sind, liegt die Sensitivität I um 12,7 %, die Sensitivität II um 18,0 % höher als bei dem Kollektiv der 147, das zusätzlich Patienten mit klinisch gesicherter Enddiagnose umfaßt.

Die Computertomographie erweist sich in dieser Studie – auch vergleichsweise – als recht spezifisch (Spezifität bei uns: 96,5 %), denn nur bei 2 Patienten wird eine Pankreaserkrankung fälschlich angenommen. Bei diesen wurde die falsch-positive CT-Diagnose "chronische Pankreatitis" gestellt. Beide Patientinnen haben eine chronische Niereninsuffizienz, deren Folge eine Hypokalzämie mit sekundärem Hyperparathyreoidismus bzw. metastatischen Verkalkungen ist. Die Pankreasverkalkungen, die zu der CT-Diagnose beitrugen, könnten renal bedingt sein (40,84).

Dies zeigt, daß aus dem morphologischen Substrat allein nicht mit ausreichender Sicherheit eine Diagnose zu stellen ist. Hinweise aus dem klinischen Verlauf können helfen, die beobachteten häufig nicht für eine Erkrankung spezifischen CT-Zeichen zu werten.

Die eindeutige und rechtzeitige Identifizierung des Pankreasneoplasmas war und ist eine Herausforderung für jedes diagnostische Verfahren.

Der maligne Pankreastumor wird in einem hohen Prozentsatz (bei uns zu 96,8 %) von der Computertomographie erfaßt und diagnostiziert. Seine hier gefundenen CT-Zeichen und ihre prozentualen Häufigkeiten respektive ihre Bedeutung bei der Diagnosestellung werden im wesentlichen von anderen Untersuchern bestätigt (7,15,31,47,73).

In einigen Punkten legt diese Arbeit jedoch eine andere Gewichtung nahe:

Eine Parenchyminhomogenität kann zwar auf einen malignen Tumor hinweisen, sie ist aber nicht spezifisch für ihn, denn eine homogene Dichte wird fast ebenso häufig beobachtet.

Die umschriebene Vergrößerung ist zwar das häufigste CT-Zeichen beim Neoplasma, nicht-umschriebene bzw. diffuse Vergrößerungen kommen auch vor und werden insbesondere von WITTENBERG und Mitarbeitern (89) bestätigt (Abb. 22, 23 und 27).

Des weiteren sind Pseudozysten und Verkalkungen auch beim Malignom und nicht nur bei der chronischen Pankreatitis vorhanden (zu 19,4 bzw. 3,2 %).

Die Arbeitsgruppe um PEDROSA berichtet von einem weiteren Tumorzeichen: dem Abbruch des Ductus choledochus mit terminal gezacktem Lumen (63,64). Dieses Zeichen ist bei den hier untersuchten Patienten nur 1mal ausgebildet, sein Stellenwert kann nicht nachvollzogen werden.

Auch das Tumorzeichen von MEGIBOW et al.: die Verbreiterung des mesenterialen Gefäßbandes (55), war nur 2mal (6,5 %) vorhanden. So konnte es zur Diagnose nicht wesentlich beitragen.

Ein wichtiger Aspekt der computertomographischen Pankreasdiagnostik ist die Suche nach operablen Neoplasmen. Ihre computertomographische Identifizierung stellt einen wichtigen Beitrag zur Frühdiagnostik des Pankreas-malignoms dar.

In dieser Untersuchung konnten 9 der 10 operablen Pankreasneoplasmen im CT als solche erkannt werden. ITAL und Mitarbeiter (41) sind mit 11 von 13 richtigen Diagnosen vergleichbar erfolgreich. SAGER (73) berichtet jedoch mit 6 von 12 korrekt diagnostizierten operablen Neoplasmen, ähnlich wie KUCKEIN (43) und MACKIE (53), von niedrigeren Zahlen.

Der Grund für das Nichterkennen liegt in dem geringen Absorptionsunterschied des Tumorgewebes zum normalen Pankreasparenchym im Nativscan. Außerdem sind durch die komplizierten anatomischen Strukturen und die Formschwankungen des Pankreas die Grenzen zwischen Normalem und Pathologischem nur schwer zu ziehen.

Der wichtigste computertomographische Hinweis auf eine mögliche Resektabilität des Tumors ist die Integrität der retropankreatischen Fettschicht. Erscheint sie infiltriert, ist der Tumor wahrscheinlich inoperabel. SAGER und Mitarbeiter (73) kommen zu dem gleichen Ergebnis.

Die Resultate von ITAL sind ähnlich zu interpretieren (41). Die deutliche Pankreaskontur ("distinct contour") ist in seiner Untersuchung beim operablen Tumor signifikant häufiger.

Es ist jedoch die genaueste Betrachtung des CT-Bildes erforderlich, um eine retropankreatische Infiltration zu erkennen und sie von der Kontur-unregelmäßigkeit zu unterscheiden.

Beim Vergleich des CT-Bildes mit den intraoperativ erhobenen Befunden zeigt sich, daß eine Tumorerinfiltration der Gefäße und der Nachbarorgane häufig nicht erkennbar ist (Tabelle 5, Kap. 4.6.2). Die Aussagekraft der Methode ist in dieser Frage also begrenzt.

Die anderen nicht erfaßten pathologischen Strukturen (der Papillentumor, die Lymphknotenvergrößerungen, die Pankreasmetastase) führen zu der Frage der computertomographischen Nachweisbarkeitsgrenze. Die Veränderungen waren 15 bzw. 20 mm groß, die Nachweisbarkeitsgrenze liegt also in dieser Größenordnung, obwohl die beiden erkannten Papillentumoren auch 15 bzw. 17 mm messen.

Eine verlässliche Diagnostik ist in diesem Größenbereich nicht mehr möglich.

Papillenkarzinome sind schwer zu diagnostizieren. Zum einen sind sie meist klein und können dem computertomographischen Nachweis entgehen, zum anderen ist die Abgrenzung gegen den malignen Pankreaskopftumor schwierig.

Die in dieser Studie gestellten Diagnosen spiegeln diese Problematik wider.

INAMOTO und Mitarbeitern gelang die korrekte Diagnose in 4 von 14 Untersuchungen (39). Sein Diagnosekriterium ist die direkte Abbildung des Tumors im CT-Bild. Es ist strenger als das von anderen Autoren vorgeschlagene "double duct sign", das eine Erweiterung des Pankreas- und Gallenganges bei unauffälligem Pankreaskopf fordert (49,79). INAMOTO wendet zu Recht dagegen ein, daß ein Gangverschluß auch durch andere Erkrankungen bewirkt werden kann und sie damit nicht ausschließt. Aus diesem Grund wird in dieser Arbeit sein Kriterium verwandt.

Auch hier stößt die Computertomographie an ihre Nachweisbarkeitsgrenze. Andere diagnostische Verfahren, insbesondere die ERCP und die hypotone Duodenographie, können hier weitere Hinweise geben.

Hilfreich ist jedoch die Anlehnung an das double duct sign bei Prozessen, deren Dignität schwierig zu beurteilen ist: Liegt im CT eine Gangerweiterung insbesondere des biliären Systems vor und ist der sie bewirkende Pankreaskopfprozeß relativ klein, ist dies ein Hinweis auf den malignen Charakter der Veränderung.

Bei der akuten Pankreatitis bietet sich die Computertomographie als radiologisches Untersuchungsverfahren an, denn die ERCP ist wegen der Gefahr der durch sie auslösbaren Komplikationen kontraindiziert, die Sonographie wegen des hier meist ausgeprägten Meteorismus in ihrer Aussagefähigkeit eingeschränkt (68). Bei schweren Verlaufsformen ist die CT hervorragend geeignet, die Ausdehnung des entzündlichen Prozesses darzustellen (56), bei leichten jedoch ist sie nur bedingt indiziert, da morphologische Veränderungen fehlen können. Dies wird durch die hier beobachteten 8 Normalbefunde bestätigt.

Zur Unterteilung wird die von KÜMMERLE vorgeschlagene Stadieneinteilung übernommen (45). Sie erweist sich auch für die computertomographische Klassifikation als sinnvoll. Ihre Richtigkeit wird weitestgehend dadurch bestätigt, daß Patienten des CT-Stadiums I nie, Patienten des CT-Stadiums II und III bis auf eine Ausnahme alle operiert wurden. Das Verfahren ist also in der Lage, morphologische Veränderungen exakt zu reproduzieren.

Ein Vergleich mit den OP-Berichten ergibt jedoch, daß die Organzugehörigkeit der in Stadium II und III entstehenden Nekrosemassen nicht immer richtig beurteilt werden konnte. Beispielsweise vermittelte das CT-Bild den Eindruck, als ob das nekrotische Gewebe bereits in die Bursa omentalis eingedrungen ist, der OP-Situs zeigte hingegen ein nekrotisch zersetztes Pankreas ohne Einbeziehung der Bursa omentalis.

Auch erweist es sich als schwierig, Abszesse von Nekrosemassen zu unterscheiden. MENDEZ et al. (56) stehen vor dem gleichen Problem und geben als Differenzierungsverfahren die Nadelbiopsie an.

Die Serien-CT ist bei der Stadieneinteilung der akuten Pankreatitis sehr hilfreich. Auch MÖDDER spricht von einer Unterscheidbarkeit der Verlaufsformen mit bisher nicht gekannter Genauigkeit (57).

Die Angabe absoluter Dichtewerte kann nach Ansicht einiger Autoren wenig dazu beitragen, Erkrankungen der Bauchspeicheldrüse zu erfassen oder zu differenzieren (7,44). Im Falle der akuten ödematösen Pankreatitis (Stadium I) kommt diese Arbeit zu einem anderen Ergebnis. Die homogene Dichteminderung erweist sich als eindeutiges Zeichen dieser Erkrankung mit pathognomonischem Stellenwert. Sie ist bei 5 bis 8 Patienten mit ödematöser Pankreatitis und nur bei diesen ausgebildet.

Ein Zeichen, das sich gleichfalls als pathognomonisch für ein akut-entzündliches Geschehen herausstellt, ist die Konturunschärfe. Eindeutige Hinweise auf eine schwere Verlaufsform geben die Exsudatbildung und die auch von NICHOLSON beobachtete Verdickung der Fascia gerota (61).

Die sichere Diagnose einer chronischen Pankreatitis gehört auch heute noch zu den eher schwierigen Aufgaben in der Oberbauchdiagnostik. Dies liegt an der häufig nur geringen Ausbildung der klinischen Symptome und der diskreten radiologischen Befunde.

12 computertomographische Normalbefunde unterstreichen diese Feststellung.

Als Zeichen des chronisch-entzündlichen Prozesses werden sowohl die fokale als auch die diffuse Organvergrößerung beobachtet. Diese Zeichen sind ebenfalls beim Neoplasma und der akuten Pankreatitis anzutreffen. Das bedeutet, daß sich aus dem Vorliegen einer Größenänderung kein eindeutiger Hinweis auf die ihr zugrundeliegende Erkrankung ergibt. Gleiches gilt für die Dichteinhomogenität.

Jedoch wird die umschriebene Vergrößerung eher beim Neoplasma, die diffuse Vergrößerung und die Dichteinhomogenität vor Kontrastmittelgabe häufiger bei der chronischen Pankreatitis beobachtet (Abb. 39 in Kap. 4.10).

Ist die Differentialdiagnose weiterhin schwierig, weisen die Erweiterung der Gallengänge und eine Vergrößerung der Gallenblase mehr auf einen malignen Prozeß hin, wohingegen die Erweiterung des Pankreasganges eher für eine chronische Pankreatitis spricht (Abb. 39, 40 und 41).

PEDROSA und Mitarbeiter kommen bei ihren Untersuchungen zu ähnlichen Ergebnissen (63,64).

Wie Abbildung 16 in Kapitel 4.1 nahelegt, kann auch die Altersverteilung differentialdiagnostische Hinweise geben, da chronische Entzündungen ihren Altersgipfel im 5., Neoplasmen hingegen im 7. bzw. 8. Lebensjahrzehnt haben.

Auch bei der Frage, ob der Tumor im Pankreas der Primärtumor oder eine Metastase ist, hilft die Berücksichtigung des Alters weiter: Patienten mit Pankreasmastasen sind etwas älter.

Bei der Geschlechtsverteilung läßt sich die Tatsache, daß Männer durchgehend etwas häufiger an Affektionen der Bauchspeicheldrüse leiden als Frauen, differentialdiagnostisch nicht verwerten.

Ein wichtiges Differentialdiagnostikum ist das unterschiedliche Kontrastmittelverhalten bei entzündlich und neoplastisch verändertem Organ.

Die Serien CT liefert Kriterien zur Abgrenzung der chronischen Pankreatitis vom Pankreasneoplasma:

Bei der chronischen Pankreatitis ist ein Areal mit fehlender bzw. verminderter Kontrastanreicherung außer bei den meist schon ohne Kontrastmittel abgrenzbaren Pseudozysten nicht erkennbar. Das Pankreasneoplasma zeigt in Übereinstimmung mit angiographischen Kriterien keine oder nur eine minimale Dichtezunahme, während das umgebende Normalparenchym eine regelrechte Dichteanhebung aufweist.

Diese fehlende Kontrastierung in der vaskulären Phase kann als pathognomonisch und wesentliches Kriterium in der Differentialdiagnose zur chronischen Pankreatitis angesehen werden (8).

Zwei Zeichen kommen nur bei der chronischen Pankreatitis vor: Pankreasgangsteine und die diffuse Organatrophie (Abb. 41 und 36).

Pankreasgangsteine waren in drei Organen vorhanden. Ob sie als pathognomonisch für die chronische Pankreatitis bezeichnet werden können, ist bei dieser geringen Zahl nicht abzuschätzen. Zu der Behauptung von SARLES et al. (74), die Pankreolithiasis sei pathognomonisch für die alkoholinduzierte Form der chronischen Pankreatitis, kann deswegen nicht Stellung genommen werden.

Die diffuse Organatrophie ist mit 25 % Häufigkeit ein eindeutiges Zeichen der chronischen Pankreatitis. Sie wurde jedoch nur dann als pathologische Veränderung gewertet, wenn sie bei einem Patienten in jungen oder mittleren Jahren vorlag. Bei alten Patienten stellt sie im Rahmen der senilen Organinvolution einen Normalbefund dar.

Bei den akuten Schüben der chronischen Pankreatitis ist die Zahl der korrekten CT-Diagnosen niedrig. Die Methode trifft hier auf eine Grenze. FAWCITT (13) hält es sogar für unmöglich, computertomographisch zwischen dem akuten Schub und einer ruhenden chronischen Pankreatitis zu unterscheiden. Andere Autoren gehen auf diese Unterscheidung nicht ein.

5 ZUSAMMENFASSUNG

Mit der Computertomographie steht eine hervorragende nichtinvasive Untersuchungsmethode zur direkten und überlagerungsfreien Darstellung von Lage, Form, Größe und Struktur des im Retroperitonealraum gelegenen Pankreas zur Verfügung. Die hohe Dichteauflösung der Methode ermöglicht den Nachweis von feingeweblichen Veränderungen innerhalb des Drüsenparenchyms.

Unter Zuhilfenahme der Kontrastmittelinjektion im Bolus kann sogar das frühe, d.h. noch operable Stadium des Neoplasmas erfaßt werden.

Auch bei der Differentialdiagnose zwischen chronischer Pankreatitis und Pankreas malignom erweist sich die Bolusinjektion als hilfreich. Maligne Tumoren zeichnen sich durch selektive Minderanreicherung im neoplastisch veränderten Bereich aus, wohingegen das chronisch entzündlich veränderte Organ homogen minderperfundiert wird.

In differentialdiagnostischen Zweifelsfällen weisen die CT-Zeichen "Kontursprung" und "umschriebene Vergrößerung" eher auf ein Neoplasma, die Zeichen "Verkalkungen" und "Konturunregelmäßigkeit" mehr auf die chronische Pankreatitis hin.

Andere diagnostische Verfahren, insbesondere die ERCP, sind zur Abklärung nicht entscheidbarer Befunde indiziert.

Als empfindlichster Parameter zur Beurteilung der Operabilität eines Neoplasmas kann die Infiltration der dorsalen Fettschicht angesehen werden.

Bei der schweren akuten Pankreatitis ist die Computertomographie zur Methode der Wahl geworden. Die Exsudatbildung und die Verdickung der Fascia gerota weisen eindeutig auf diese Verlaufsform hin.

Auch für die chronische Pankreatitis scheint es CT-Zeichen mit pathognomonischem Stellenwert zu geben: Pankreasgangsteine und die diffuse Organverkleinerung.

Die Ergebnisse zum diagnostischen Wert zeigen, daß die Computertomographie den mit ihr verglichenen Methoden: hypotone Duodenographie, Sonographie und ERCP überlegen ist.

Sie hat die Angiographie als invasive Methode in ihrer Bedeutung zurückgedrängt und ist zusammen mit der Sonographie aus der modernen Pankreasdiagnostik nicht mehr wegzudenken.

6. TABELLENANHANG

Tabelle 1: Prozentuale Häufigkeit der Altersgruppen für jede Pankreas-
erkrankung

(Zahlenangaben zu Abbildung 16)

Erkrankung	Alter (Jahre)					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
Pankreasneoplasma (n = 31)	-	1 ± 3,2%	3 ± 9,6%	9 ± 29,0%	5 ± 16,1%	13 ± 41,9%
Metastatisch be- fallenes Pankreas (n = 13)	-	-	-	3 ± 23,1%	3 ± 23,1%	7 ± 53,8%
Akute Pankreatitis (n = 28)	2 ± 7,4%	7 ± 25,9%	5 ± 18,5%	3 ± 11,1%	8 ± 28,6%	3 ± 11,1%
Chron. Pankreatitis (n = 75)	1 ± 1,3%	18 ± 23,7%	27 ± 35,5%	16 ± 21,1%	7 ± 9,3%	6 ± 7,9%

Tabelle 2: Histologische Klassifikation der Pankreasneoplasmen

(n = 27, bei 4 Patienten wurde keine Gewebsprobe entnommen, da der maligne Charakter des Prozesses anderweitig festgestellt wurde)

Histologische Klassifikation	operabel	inoperabel
Adenokarzinom	8	12
Anaplastisches Karzinom	1	2
Zystadenokarzinom	1	—
Karzinoid	1	—
Leiomyosarkom	—	1
Zentroblastom	—	1
Σ	11	16

Tabelle 3: CT-Zeichen bei Pankreasmalignom

CT-Zeichen	operable Tumoren (100% ± 10)	inoperable Tumoren (100% ± 21)	Gesamt (100% ± 31)
Umschriebene Vergrößerung	8 ± 80%	19 ± 90,5%	27 ± 87,1%
Diffuse Vergrößerung	-	2 ± 9,5%	2 ± 6,5%
Kontursprung	6 ± 60%	17 ± 80,1%	23 ± 74,2%
Infiltration d. dors. Fettschicht	2 ± 20%	9 ± 42,9%	11 ± 35,5%
Infiltration d. ventr. Fettschicht	1 ± 10%	6 ± 28,6%	7 ± 22,6%
Infiltration d. A. mes. sup.	-	6 ± 28,6%	6 ± 19,4%
Infiltration d. V. cava	1 ± 10%	6 ± 28,6%	7 ± 22,6%
Infiltration d. A. lienalis	1 ± 10%	-	1 ± 3,2%
Infiltration d. Truncus coeliacus	1 ± 10%	1 ± 4,8%	2 ± 6,5%
Inhomogene Dichte vor KM	5 ± 50%	11 ± 52,4%	16 ± 51,6%
Pseudozysten	3 ± 30%	3 ± 14,3%	6 ± 19,4%
Nekrosen	-	2 ± 9,5%	2 ± 6,5%
Verkalkungen	-	1 ± 4,8%	1 ± 3,2%
Gangerweiterung intrahepatisch	3 ± 30%	4 ± 19,0%	7 ± 22,6%
Gangerweiterung extrahepatisch	6 ± 60%	5 ± 23,8%	11 ± 35,5%
Gangerweiterung intrapankreatisch	4 ± 40%	1 ± 4,8%	5 ± 16,1%
Gallenblasenhydrops	5 ± 50%	3 ± 14,3%	8 ± 25,8%
Lebermetastasen	-	11 ± 52,4%	11 ± 35,5%
Lymphknotenmetastasen	1 ± 10%	4 ± 19,0%	5 ± 16,1%
Infiltration der Nachbarorgane	1 ± 10%	8 ± 38,1%	9 ± 29,0%
Konturunregelmäßigkeit	-	3 ± 14,3%	3 ± 9,7%
V. lienalis gestaut	1 ± 10%	2 ± 9,5%	3 ± 9,7%

Tabelle 4: CT-Zeichen bei chronischer Pankreatitis

CT-Zeichen	Diagnose operativ gesichert (n=14)	Diagnose klinisch gesichert (n=18)	Gesamt (100% = 32)
Inhomogene Dichte vor KM	7	13	20 $\hat{=}$ 62,5%
Verkalkungen	7	11	18 $\hat{=}$ 56,3%
Konturunregelmäßigkeit	6	9	15 $\hat{=}$ 46,9%
Umschriebene Vergrößerung	9	5	14 $\hat{=}$ 43,8%
Intrapankreatische Gangerweiterung	5	5	10 $\hat{=}$ 31,3%
Pseudozysten	4	5	9 $\hat{=}$ 28,1%
Diffuse Vergrößerung	2	6	8 $\hat{=}$ 25,0%
Diffuse Atrophie	1	7	8 $\hat{=}$ 25,0%
Kontursprung	3	1	4 $\hat{=}$ 12,5%
Extrahepatische Gangerweiterung	3	1	4 $\hat{=}$ 12,5%
Fettige Degeneration	0	3	3 $\hat{=}$ 9,4%
Pankreolithiasis	1	2	3 $\hat{=}$ 9,4%
Intrahepatische Gangerweiterung	1	1	2 $\hat{=}$ 6,3%
Reduktion peripankreatischen Fetts	0	2	2 $\hat{=}$ 6,3%
Gallenblasenhydrops	1	0	1 $\hat{=}$ 3,1%

7 LITERATURVERZEICHNIS

- 1 Ambrose, J.:
Computerized transverse axial scanning (tomography):
Part 2. Clinical application.
Brit. J. Radiol. 46:1023-1047, 1973
- 2 Baert, A.L., E. Ponette, J. Pringot, G. Marchal, A. Dardenne,
Y. Coenen:
Axiale computer-gesteuerte Tomometrie bei akuter und
chronischer Pankreatitis.
Radiologe 17:181-188, 1977
- 3 Berland, L.L., T.L. Lawson, W.D. Foley, J.E. Geenen, E.T. Stewart:
Computed tomography of the normal and abnormal pancreatic
duct: Correlation with Pancreatic ductography.
Radiology 141:715-724, 1981
- 4 Bocage, A.E.M.:
Procedé et dispositifs de radiographie sur plaque en mouvement.
Franz. Patentschrift Nr. 536464 (1921/22)
- 5 Braganza, J.M., R.A. Fawcitt, W.St.C. Forbes, I. Isherwood,
J.G.B. Russel, M. Presscott, H.J. Testa, H.B. Torrance,
H.T. Howat:
A clinical evaluation of isotope scanning, ultrasonography and
computed tomography in pancreatic disease.
Clin. Radiol. 29:639-646, 1978
- 6 Büsing, C.M., U. Bleyl:
Morphologie und Zytologie des Pankreaskarzinoms.
Therapiewoche 32:905-911, 1982

- 7 Buurman, R., E. Grabbe:
Pankreas.
In: Ganzkörper-Computertomographie, Hrsg.: G. Friedmann,
E. Bücheler und P. Thurn
Thieme, Stuttgart 1981
- 8 Claussen, C.D.:
Dynamische Computertomographie. Grundlagen, experimentelle
Kontrastmittelstudien, klinische Anwendungen.
Habilitationsschrift, Berlin 1982
- 9 Claussen, C.D., D. Lange, P. Schenk, V. Menges, H.W. Menges,
G. Engelken:
Beitrag der Nuklearmedizin zur Pankreasdiagnostik.
Therapiewoche 27,11:2091-2100, 1977
- 10 Claussen, C.D., O.H. Wegener, M. Pfister:
Pancreatic cancer - Computed tomography versus ultrasound
and conventional techniques.
In: CT in oncology, Hrsg.: J. Husband. Churchill-Livingstone
London 1981
- 11 Claussen, C.D., G. Linke, R. Felix, B. Lochner, H.-J. Weinmann,
O.H. Wegener:
Bolusgeometrie und -dynamik nach intravenöser Kontrast-
mittelinjektion.
Fortschr. Röntgenstr. 137,2:212-216, 1982
- 12 Cubilla, A.L., J. Fostner, P.L. Fitzgerald:
Lymphnode involvement in carcinoma of the head of the
pancreas area.
Cancer 41:880-887, 1978

- 13 Fawcitt, R.A., W. Forbes, I. Isherwood, J.M. Braganza:
Computed tomography in pancreatic disease.
Brit. J. Radiol. 51:1-4, 1978
- 14 Ferruci, J.T., J. Wittenberg, E.B. Black, R.H. Kirkpatrick, D.A. Hall:
Computed body tomography in chronic pancreatitis.
Radiology 130:175-182, 1979
- 15 Fiegler, W., O.H. Wegener, K. Hartmann, R. Felix:
Computertomographie und Sonographie. Vergleichsstudie bei
Erkrankungen des Oberbauches und des Retroperitonealraumes.
Fortschr. Röntgenstr. 132,3:262-271, 1980
- 16 Fishman, A., M.B. Isikoff, J.S. Barkin, J.T. Friedland:
Significance of a dilated pancreatic duct on CT examination.
AJR 133:225-227, 1979
- 17 Foley, W.D., T.L. Lawson, F. Quinroz:
Sagittal and coronal image reconstruction. Application in
pancreatic computed tomography.
J. Comput. Assist. Tomogr. 3,6:717-721, 1979
- 18 Galanski, M., R.M. Cramer, G. Drewes:
Möglichkeiten der Kontrastmittelanwendung bei der Computer-
tomographie.
Fortschr. Röntgenstr. 132,2:139-144, 1980
- 19 Gebauer, A., F. Wachsmann:
Geometrische Betrachtungen und technische Fragen zur Her-
stellung transversaler (horizontaler) Körperschichtaufnahmen.
Röntgenblätter 2:215-229, 1949

- 20 Gebhardt, Ch., F.P. Gall, H. Zirngibl:
Der heutige Stand der Pankreas-Chirurgie.
Med. Klinik 77,7:215-218, 1982
- 21 Gladisch, R.:
Praxis der abdominellen Ultraschalldiagnostik
Schattauer, Stuttgart 1981
- 22 Gmelin, E., H.-D. Weiss, H.-D. Fuchs, M. Reiser:
Vergleich der diagnostischen Treffsicherheit von Ultraschall,
Computertomographie und ERCP bei der chronischen Pankrea-
titis und beim Pankreaskarzinom.
Fortschr. Röntgenstr. 134,2:136-141, 1981
- 23 Grabbe, E.:
Methodik und Wert der Darmkontrastierung bei der abdomi-
nellen Computertomographie.
Fortschr. Röntgenstr. 131,6:588-594, 1979
- 24 Graßmann, P.H.:
Ein neues Verfahren der Röntgendiagnostik.
Umschau in Wissensch. u. Techn. 24:766-773, 1979
- 25 Gross, R., P. Schölmerich (Hrsg.):
Lehrbuch der Inneren Medizin
Schattauer, Stuttgart 1977
- 26 Haaga, J.R., R.J. Alfidi, T.R. Havrilla, R. Tubbs, L. Gonzales,
T.F. Meaney, M.A. Corsi:
Definitive role of CT scanning of the pancreas.
Radiology 124:723-730, 1977

- 27 Haaga, J.R., R.J. Alfidi, M.G. Zelch, T.F. Meaney, M. Boller,
L. Gonzales, G.L. Jelden:
Computed tomography of the pancreas.
Radiology 120:589-595, 1976
- 28 Habermehl, A.:
Computer-Tomographie (II). Prinzipien und Realisierung.
Biotechnische Umschau 2,10:324-329, 1978
- 29 Habermehl, A., E.H. Gaul:
Kernspinresonanz-Tomographie.
Deutsches Ärzteblatt 79,30:17-29, 1982
- 30 Haertel, M., L. Kreel:
Das normale Pankreas im computerisierten Tomogramm.
Fortschr. Röntgenstr. 128,1:1-7, 1978
- 31 Haertel, M., W. Zaunbauer, W.A. Fuchs:
Die computertomographische Morphologie des Pankreaskarzinoms.
Fortschr. Röntgenstr. 133,1:1-5, 1980
- 32 Hauser, H., J.G. Battikha, P. Wettstein:
Computed tomography of the dilated main pancreatic duct.
J. Comput. Assist. Tomogr. 4,1:53-58, 1980
- 33 Hegglin, R., W. Siegenthaler (Hrsg.: W. Siegenthaler):
Differentialdiagnose innerer Krankheiten.
Thieme, Stuttgart 1980
- 34 Heller, M., E. Grabbe, E. Bücheler:
Serien-Computertomographie - Methodik und erste Erfahrungen.
Fortschr. Röntgenstr. 134,1:16-21, 1981

- 35 Hentschel, M.:
Pankreas.
In: Lehrbuch der Chirurgie, Hrsg.: L. Koslowski, W. Irmer und
K.-A. Bushe
Schattauer, Stuttgart 1978
- 36 Hounsfield, G.N.:
Computerized transverse axial scanning (tomography):
Part 1: Description of system.
Brit. J. Radiol. 46:1016-1022, 1973
- 37 Hübener, K.H., K.J. Klott:
"Statisches" und dynamisches Kontrastmittelenhancement der
Körperstamm-Computertomographie.
Fortschr. Röntgenstr. 133,4:347-357, 1980
- 38 Husband, J.E., H.B. Meire, L. Kreel:
Comparison of ultrasound and computer-assisted tomography in
pancreatic diagnosis.
Brit. J. Radiol. 50:855-862, 1977
- 39 Inamoto, K., S. Tanaka, H. Yamasaki, E. Suzuki, Y. Ishikawa:
Computed tomography of carcinoma of the ampulla of Vater.
Fortschr. Röntgenstr. 136,6:689-693, 1982
- 40 Isselbacher, K.J., R.D. Adams, E. Braunwald, R.G. Petersdorf,
J.D. Wilson (Hrsg.):
Harrison's Principles of Internal Medicine.
McGraw-Hill Kogakusha, Tokyo 1980
- 41 Itai, Y., A. Tsutomu, A. Tasaka, M. Maruyama:
Computed tomographic appearance of resectable pancreatic
carcinoma.
Radiology 143:719-726, 1982

- 42 Kreef, L., B. Sandin, G. Slavin:
Pancreatic morphology. A combined radiological and
pathological study.
Clin. Radiol. 24:154-161, 1973
- 43 Kuckein, D.:
Das Pankreasneoplasma im Computertomogramm.
Röntgen-Bl. 33:520-524, 1980
- 44 Kuckein, D.:
Die Pankreatitis im Computertomogramm.
Röntgen-Bl. 34:212-219, 1981
- 45 Kümmerle, F., M. Neher, H. Schönborn, G. Mangold:
"Vorzeitige" Operation bei akuter hämorrhagisch-
nekrotisierender Pankreatitis.
Dtsch. Med. Wschr. 100:2241-2245, 1975
- 46 Lackner, K., H. Frommhold, H. Grauthoff, U. Mödder, L. Heuser,
G. Braun, R. Buurman, K. Scherer:
Wertigkeit der Computertomographie und der Sonographie
innerhalb der Pankreasdiagnostik.
Fortschr. Röntgenstr. 132,5:509-513, 1980
- 47 Lammer, J., H. Lepuschütz, W.D. Sager, P. Kratochvil,
G. Brandstätter, G. Zalaudek:
ERCP und CT in der Diagnostik von chronischer Pankreatitis,
Pseudozysten und Pankreaskarzinom - ein Vergleich.
Röntgen-Bl. 33:602-611, 1980
- 48 Langman, J.:
Medizinische Embryologie.
Thieme, Stuttgart 1972

- 49 Levine, E., N.F. Maklad, C.H. Wright, K.R. Lee:
Computed tomographic and ultrasonic appearances of primary carcinoma of the common bile duct.
Gastrointest. Radiol. 4:147-151, 1979
- 50 Levitt, R.G., G.G. Guillermo, S.S. Sagel, R.J. Stanley, R.G. Evens, R.E. Koehler, R.G. Jost:
Complementary use of ultrasound and computed tomography in studies of the pancreas and kidney.
Radiology 126:149-152, 1978
- 51 Lissner, J., O. Hug (Hrsg.):
Radiologie I
Enke, Stuttgart 1980
- 52 Lutz, H.:
Ultraschalldiagnostik (B-Scan) in der Inneren Medizin.
Springer, Berlin 1978
- 53 Mackie, C.R., J. Dhorajiwala, M.O. Blackstone, J. Bowie, A.R. Mossa:
Value of new diagnostic aids in relation to the disease process in pancreatic cancer.
Lancet 25:385-389, 1979
- 54 Marchal, G., G. Wilms, A. Baert, E. Ponette:
Applications of specific vascular opacification in CT of the upper abdomen.
Fortschr. Röntgenstr. 132,1:45-48, 1980
- 55 Megibow, A.J., M.A. Bosniak, M.A. Ambos, E.R. Beranbaum:
Thickening of the celiac axis and/or superior mesenteric artery: A sign of pancreatic carcinoma on computed tomography.
Radiology 141:449-453, 1981

- 56 Mendez, G., M.B. Isikoff, M.C. Hill:
CT of acute pancreatitis: Interim assessment.
AJR 135:463-469, 1980
- 57 Mödder, U., G. Friedmann, J. Rosenberger:
Wert der Angio-CT für Stadieneinteilung, Verlaufsbeobachtung
und Therapie bei akuter Pankreatitis.
Fortschr. Röntgenstr. 134,1:22-27, 1981
- 58 Mödder, U., G. Friedmann, E. Bücheler, E. Baert, C. Lackner,
G. Brecht, R. Buurmann, N. Rupp, H.J. Heller:
Wert und Ergebnisse der Computertomographie bei Pankreas-
erkrankungen.
Fortschr. Röntgenstr. 130,1:57-61, 1979
- 59 Neher, M., B. Braun, K.J. Klose:
Der Einfluß von Sonographie und Computer-Tomographie auf
die operative Behandlung der akuten Pankreatitis.
Langenbecks Arch. Chir. 356:141-149, 1982
- 60 Netter, F.H. (Hrsg.):
Digestive system III: Liver, biliary tract and pancreas.
The Ciba Collection of Medical Illustrations.
New York, N.Y. 1975
- 61 Nicholson, R.L.:
Abnormalities of the perinephric fascia and fat in pancreatitis.
Radiology 139:125-127, 1981
- 62 Nowack, D.:
Zur Technik der hypotonen Doppelkontrast-Duodenographie
ohne Duodenalintubation.
Fortschr. Röntgenstr. 118:418-427, 1973

- 63 Pedrosa, C.S., R. Casanova, R. Rodriguez:
 Computed tomography in obstructive jaundice.
 Part I: The level of obstruction.
 Radiology 139:627-634, 1981
- 64 Pedrosa, C.S., R. Casanova, A.H. Lezana, M.C. Fernandez:
 Computed tomography in obstructive jaundice.
 Part II: The cause of obstruction.
 Radiology 139:635-645, 1981
- 65 Petersilka, E., M. Pfeiler:
 Zur Technik der Computertomographie.
 Röntgen-Ber. 6:233-257, 1977
- 66 Pichlmayr, R., B. Grotelüschen:
 Chirurgische Therapie.
 Springer, Berlin 1978
- 67 Radon, J.:
 Über die Bestimmung von Funktionen durch ihre Integralwerte
 längs gewisser Mannigfaltigkeiten.
 Ber. Verh. Sächs. Akad. 69:262-277, 1917
- 68 Raval, B., L.S. Carey:
 Computed body tomography in inflammatory disease of
 pancreas.
 Comput. Tomogr. 5:43-54, 1981
- 69 Röntgen, W.C.:
 Ueber eine neue Art von Strahlen.
 Sitzungs-Berichte der Physikalisch-medicinischen Gesellschaft
 zu Würzburg 9:132-141, 1895

- 70 Rohen, J.W.:
Topographische Anatomie.
Schattauer, Stuttgart 1975
- 71 Rubinstein, Z.J., M. Med, S. Bank, I.N. Marks, C. Psillos:
Hypotonic duodenography in chronic pancreatitis.
Brit. J. Radiol. 44:142-149, 1971
- 72 Rückert, K., F. Kümmerle:
Pankreaskarzinom - neue diagnostische und therapeutische
Möglichkeiten.
Deutsches Ärzteblatt 49:2343-2347, 1981
- 73 Sager, W.D., D.z. Nedden, H. Lepuschütz, G. Zalaudek, E. Bodner,
R. Fotter, J. Lammer:
Computertomographische Diagnostik der Pankreatitis und des
Pankreaskarzinoms.
Computertomographie 1:52-58, 1981
- 74 Sarles, H., J.-C. Sarles, R. Camatte, R. Muratore, M. Gaini,
C. Guien, J. Pastor, F. Le Roy:
Observations of 205 confirmed cases of acute pancreatitis,
recurring pancreatitis, and chronic pancreatitis.
Gut 6:545-559, 1965
- 75 Schittenhelm, R., G. Schwierz:
Das Computertomogramm: seine Erzeugung und sein
Bildcharakter.
Medizintechnik 98,4:87-94, 1978
- 76 Schörner, W., C. Claussen, F.-W. Peter:
Der Stellenwert der hypotonen Duodenographie in der Pankreas-
diagnostik: Ein Vergleich mit computertomographischen Befunden.
Im Druck

- 77 Schultz, E., R. Felix:
Phantommessungen zum räumlichen Auflösungsvermögen und
zum Partial-Volume-Effect bei der Computertomographie.
Fortschr. Röntgenstr. 129,6:673-678, 1978
- 78 Sheedy, P.F. II, D.H. Stephens, R.R. Hattery, R.L. MacCarty:
Computed tomography in the evaluation of patients with
suspected carcinoma of the pancreas.
Radiology 124:731-737, 1977
- 79 Sheedy, P.F. II, D.H. Stephens, R.R. Hattery, R.L. MacCarty,
B. Williamson jr.:
Computed tomography of the pancreas.
Radiol. Clin. North. Am. 15:349-366, 1977
- 80 Siemens AG, Bereich Medizinische Technik:
Informationen zur Computertomographie: Systeme, Anwendungs-
bereiche, Strahlenbelastung.
Siemens Erlangen
- 81 Siemens AG, Bereich Medizinische Technik:
Meßeigenschaften des Somatom 2.
Siemens Erlangen
- 82 Siemens AG, Bereich Medizinische Technik:
CT mit dem Somatom 2.
Siemens Erlangen
- 83 Siemens AG, Bereich Medizinische Technik:
Kernspintomographie.
Siemens Erlangen

- 84 Thurn, P., E. Bücheler:
Einführung in die Röntgendiagnostik.
Thieme, Stuttgart 1979
- 85 Trede, M., A.W. Hoffmeister:
Chirurgische Therapie des Pankreaskarzinoms.
Therapiewoche 32:918-930, 1982
- 86 Wegener, O.H.:
Ganzkörpercomputertomographie.
Schering, Berlin 1981
- 87 Wegener, O.H.:
Kontrastmittel in der Computertomographie.
Schering, Berlin 1980
- 88 Wegener, O.H.:
Artefakte in der Computertomographie
Fortschr. Röntgenstr. 132,6:643-651, 1980
- 89 Wittenberg, J., J.F. Simeone, J.T. Ferrucci jr., P.R. Mueller,
E.v. Sonnenberg, C.C. Neff:
Non-focal enlargement in pancreatic carcinoma.
Radiology 144:131-135, 1982
- 90 Zeitler, E., R. Schittenhelm:
Die Kernspintomographie (KST) und ihre klinischen
Anwendungsmöglichkeiten.
Elektromedica 49,3:1-11, 1981

Für ihre Geduld und ihren Langmut möchte ich all denen danken, die mich ertragen haben, als mich diese Arbeit beschäftigte, besonders jedoch der Brigitte.

Herrn Priv.-Doz. Dr. med. C. Claussen danke ich für die Überlassung des Themas.

Herrn Dr. med. W. Schörner danke ich sehr für die Unterstützung bei dieser Arbeit, desgleichen Herrn Dr. med. B. Lochner.

Den Damen und Herren der zentralen Foto- und Graphikabteilung im Klinikum Charlottenburg danke ich für ihre Hilfe bei der Fertigstellung der Studie.

Herrn Prof. Dr. med. R. Felix danke ich für die Arbeitsmöglichkeit in der Strahlenklinik und Poliklinik im Klinikum Charlottenburg.

L e b e n s l a u f

Ich wurde am 16.02.1954 als Sohn der Ilse-Margret Peter, geb. Zank, und des Chirurgen Dr. med. Anton Peter in Schweinfurt geboren.

Nach dem Besuch der Volksschule und des mathematisch-naturwissenschaftlichen Zweiges des Leibnizgymnasiums in Offenbach bestand ich dort am 13.06.1972 das Abitur.

1972 begann ich das Studium der Philosophie an der Philosophisch-Theologischen Hochschule St. Georgen in Frankfurt und der Johann-Wolfgang-Goethe Universität in Frankfurt.

1974 nahm ich das Studium der Humanmedizin in Neuchâtel/Schweiz auf und setzte es in Brüssel, Erlangen und Berlin fort.

Am 30.11.1981 erhielt ich in Berlin die Approbation als Arzt.

Seit dem 01.10.1982 arbeite ich als Assistenzarzt der Chirurgie am Städtischen Krankenhaus von Berlin-Neukölln.

